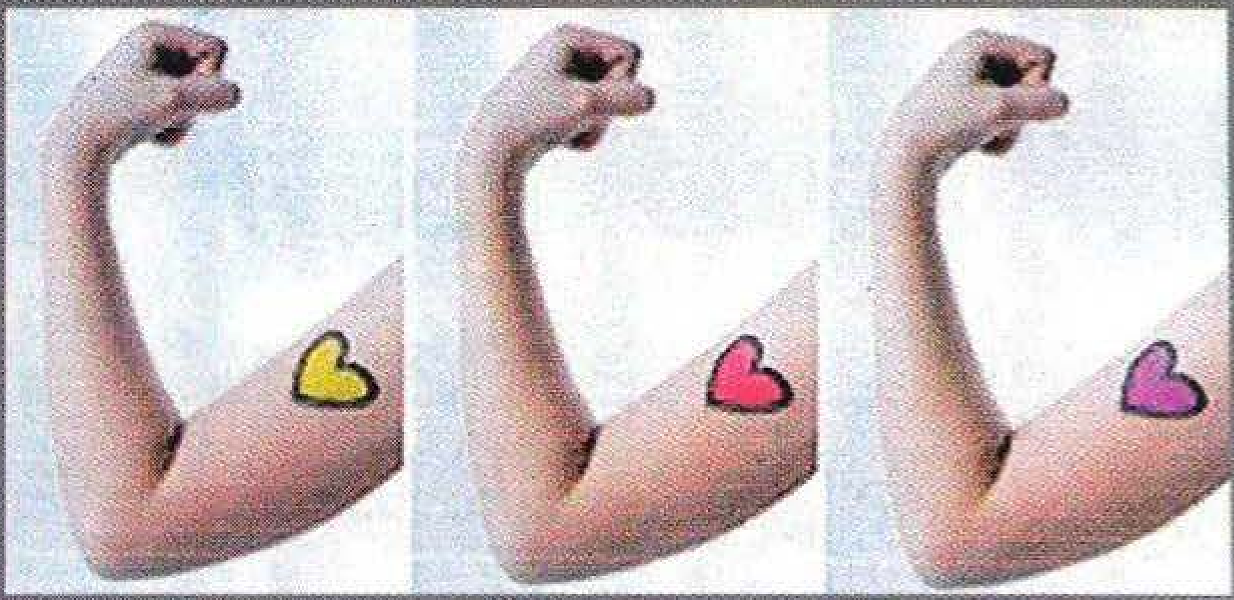
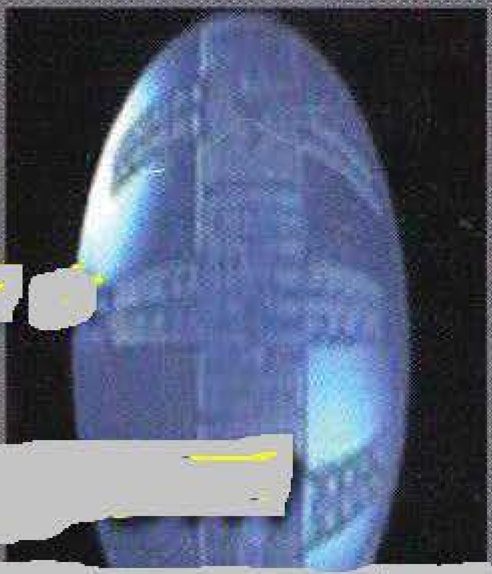
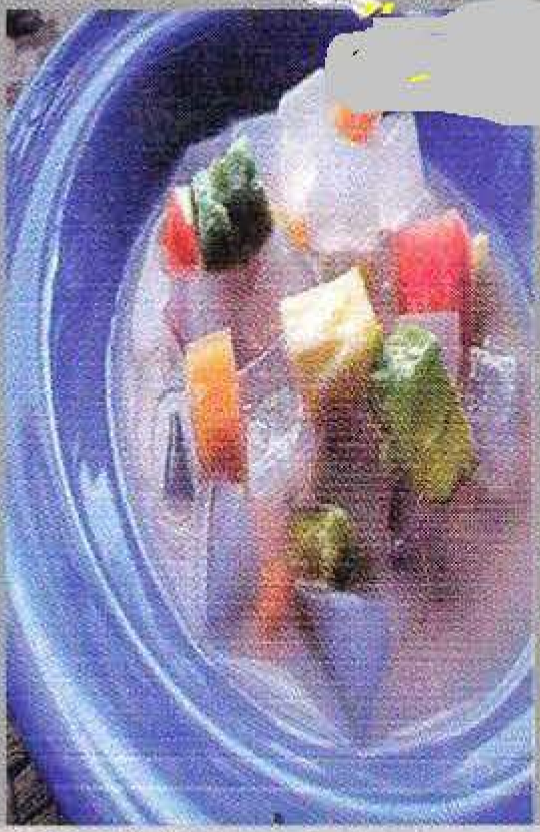
النانوبيولوجي

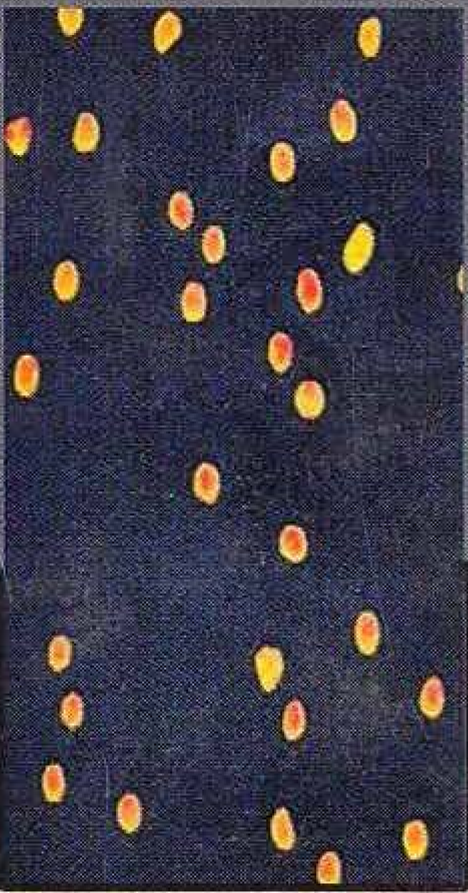
عصر جديد من علوم الحياة





د . محمد غريب إبراهيم عميش





الهيئة المصرية العامة للكتاب

مع تحيات د. سلام حسين الهلالي

salamalhelali@yahoo.com

https://www.facebook.com/salam.alhelali

https://www.researchgate.net/profile/Salam_Alhelali?ev=hdr_xprf

07807137614

وزارة الثقافة
الهيئة المصرية العامة للكتاب
رئيس مجلس الإدارة

اسم الكتاب : النانوبيولوجى عصر جديد من علوم الحياة

تأليف : الدكتور / محمد غريب إبراهيم عميش

حقوق الطبع محفوظة للهيئة المصرية العامة للكتاب

الإخراج الفنى والغلاف : عزيزة أبو العلا

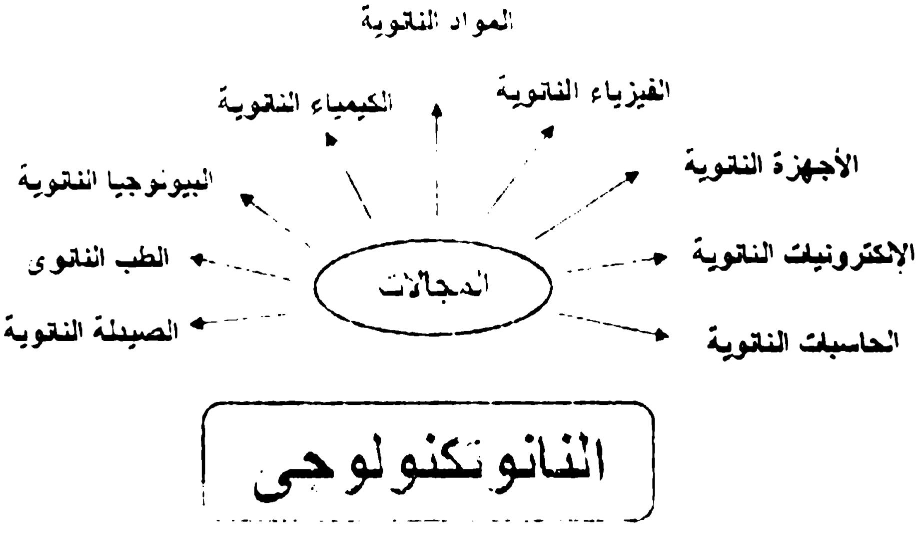
ص. ب : ٢٣٥ الرقم البريدى : ١١٧٩٤ رمسيس

www.gebo.gov.eg
email:info@gebo.gov.eg

تقـديم

مـرت البشـرية بالعديد من الثورات العلميـة أدت إلى ما نشـهده الآن من تقـدم فى جميع مجـالات الحيـاة. شـملت تحطيم الذرة. غزو الفضـاء. اختـراع الكمبيوتر والتكنولوجيا الحيوية. وقد شهدت البشرية فى العقدين الأخيرين بدء الثورة العلميـة الخامسـة ألا وهى التكنولوجيا النانوية أو النانوتكنولوجى (Nanotechnology).

تختلف التكنولوجيا النانويـة عن سابقيها فى سرعة انتشارها وتطورها بشكل مذهل وبأنها لا تختص بفرع معين من فروع العلم. فالتكنولوجيا النانوية تغزو الآن جميع مجالات الحياة العلمية والاقتصادية والاجتماعية والسياسية والعسكرية إلخ.



شكل ١. المجالات العامة للنانوتكنولوجى

لقد بدأ الآن ظهور علوم جديدة من بينها العلوم المعروفة لكن فى صورتها النانوية فمثلا هناك البيولوجيا النانوية أو النانوبيولوجى (Nanobiology) الكيمياء النانوية، (Nanochemistry) الفيزياء النانوية، (Nanophysics) الطب النانوى (Nanomedicine)، الصيدلانيات النانوية، (Nanopharmaceuticals) الإلكترونيات النانوية (Nanoelectronics) والحاسبات النانوية (Nanocomputing) وغيرها.

من المتوقع أن تغير التكنولوجيا النانوية جميع أنماط الحياة التى اعتاد عليها البشر منذ بدء الخليقة فالمجالات التطبيقية لها لا يمكن تخيل نهاية لها بل إنه كان ينظر إليها من سنوات قليلة جدًا على أنها ضرب من خيال العلماء أو مايسمى بالخيال العلمى (Science Fiction) ستمكننا هذه التكنولوجيا من صنع أى شىء وذلك عن طريق صف جزيئات المادة إلى جانب بعضها البعض بشكل لا نتخيله وبأقل تكلفة ممكنة. فلنتخيل كمبيوترات خارقة السرعة يمكن وضعها على رءوس الأقلام والدبابيس حتى أنه سيصبح بالإمكان مثلا تخزين كل ما تم إنتاجه من الأدب العالمى على شريحة بحجم طابع البريد، ولنتخيل أسطولا من الروبوتات النانوية والتى يمكن حقنها فى الدم أو ابتلاعها لتعالج الجلطات الدموية والأورام والأمراض المستعصية أو تقوم بإجراء عملية جراحية دقيقة والخروج بعدها من المنافذ الطبيعية لجسم الإنسان، سوف يكون لدينا أنظمة للتوصيل الموجه للأدوية لتحاشى التأثيرات السلبية على الخلايا أو الأنسجة غير المستهدفة، كما سيتم تصنيع خلايا أقوى من خلايا الدم يمكن من خلالها حقن جسم الانسان بـ ١٠٪ من دمه بها فتمكنه من العدو لمدة ١٥ دقيقة بدون تنفس. سوف تنتج ملابس مقاومة للميكروبات وأخرى تنظف نفسها وثالثة مقاومة للكرمشة. سوف تنتج السيارات والطائرات من مواد نانوية خفيفة الوزن لكنها أقوى كثيرا من الصلب وبالتالى ينخفض استهلاكها من الوقود، وسيصبح بالإمكان إنتاج زجاج طارد للأتربة وآخر تنزلق عليه قطرات الماء ولا تبلله، وغير ذلك الكثير والكثير.

عندما بدأت ثورة النانوتكنولوجى كان ينظر إليها على أنها نشأة لعلم جديد على درجة عالية من التخصص إلا أنه أخذ فى النمو والانتشار ليتقابل ويتكامل مع كافة فروع العلم الموجودة فعلا، فعندما يلتقى مع البيولوجى ينشأ علم البيولوجيا النانوية أو النانوبيولوجى وبالمثل فقد نشأت علوم الكيمياء النانوية والفيزياء النانوية وغيرها مما تم الإشارة إليه من قبل.

فى هذا الكتاب سوف نركز على النانوبيولوجى كأهم مجالات التكنولوجيا النانوية لاستحالة استعراض جميع فروع التكنولوجيا النانوية وتطبيقاتها المتنوعة فى كتاب واحد لأن ذلك يحتاج لمجلدات ومتخصصين فى كافة فروع المعرفة. كما أن النانوبيولوجى هو الفرع الأكثر تعبيرًا عن هذا المجال العلمى الجديد لعدة أسباب أولها ارتباط هذا الفرع من فروع النانوتكنولوجى بشكل مباشر بالإنسان والبيئة التى يعيش فيها. ثانيها اعتماد هذا الفرع على معظم فروع العلم النانوية. وثالثها ارتباط كثير من مجالات النانوتكنولوجى التطبيقية بالنانوبيولوجى وأخيرا فإن كثيرًا من المنتجات التى بدأ أو اقترب طرحها للتسويق التجارى هى منتجات تمس الحياة اليومية لكافة البشر، ولا تحتاج إلى مستوى علمى متميز لإدراكها والتعامل معها.

عندما نقوم حاليا فى جامعاتنا ومدارسنا بتدريس الفروع والمجالات المختلفة لعلم الميكروبيولوجى (Microbiology) أو بإجراء البحوث العلمية فى هذا المجال فإننا نستخدم مواد وأدوات معينة تمكننا من تحقيق الهدف المطلوب، فالمواد التى نستخدمها تنحصر فى الحبيبات الفيروسية (Viruses) والخلايا الميكروبية سواء كانت بكتيرية (Bacteria) أو فطرية (Fungi) أما الأدوات فتتراوح بين المجاهر (Microscopes) الضوئية البسيطة التركيب فى معظم الأحيان وآنية التخمير (Fermenters) والوسائل الميكانيكية المتنوعة لإتمام عملية التخمر وغيرها مما يمكن تخيله من أدوات مساعدة.

وعند دراسة النانوبيولوجى فمن الطبيعى أن تكون له مواده وأدواته التى تختلف اختلافا جذريا عما يستخدم فى الدراسات الميكروبيولوجية، هذه المواد

التى يطلق عليها المواد النانوية (Nanomaterials) هى نفسها التى تستخدم فى كافة مجالات النانوتكنولوجى، لذا فإنه من الضرورى البدء بفكرة موجزة عن ماهية التكنولوجيا النانوية وموادها وأدواتها قبل الانتقال إلى تفصيل هذا الفرع المهم من فروعها ألا وهو النانوبيولوجى.

إنه لايمكن النظر إلى هذه الثورة العلمية الجديدة على أنها مجرد اتجاه جديد فى العلم يؤدى إلى اكتشافات أو إضافات علمية، بل الحقيقة أنها ستفتح آفاقًا رحبة على عصر جديد من العلم التطبيقى بكل مايعنيه ذلك من منافع ومضار، من رخاء ودمار، من سيادة للأمم التى ستمسك بتلابيبه وعبودية للأمم التى لا تدرك مايدور حولها، إنها الفرصة التى نأمل عدم ضياعها من تلك الأمم كما ضاع منها ماسبق.

ثم ماذا بعد؟ هل يكون النانوتكنولوجى هو نهاية المطاف؟ أبدا لن يكون ذلك فطالما وجد الإنسان لن تتوقف الاكتشافات. فبالرغم من أن هذه الثورة العلمية التى يتوقع لها تغيير كل شىء على وجه الأرض مازالت فى بداياتها إلا أن العلماء يفكرون فيما بعد عصر التكنولوجيا النانوية فهناك الآن أفكار ومشروعات بحثية عن البيكوتكنولوجى (Picotechnology) والفيمتوتكنولوجى (Femtotechnology) اللذين يمكن أن نطلق عليهما التكنولوجيا البيكوية والتكنولوجيا الفيمتوية، على التوالى.

ملحوظة :

سوف يلاحظ القارئ استخدام أحد التعبيرين العلميين التكنولوجيا النانوية أو النانوتكنولوجى وكذلك استخدام تعبيرى البيولوجيا النانوية أو النانوبيولوجى فى كثير من الأماكن فى الكتاب للإشارة إلى نفس الشىء حيث إن التعبيرين المعربين وهما النانوتكنولوجى والنانوبيولوجى، أصبحا أكثر شيوعا. وينطبق نفس الكلام على العديد من المصطلحات الأخرى التى أصبحت من كثرة استعمالها فى حياتنا اليومية وكأنها عربية الأصل مثل الكمبيوتر كبديل عن الحاسب الآلى والروبوت كبديل عن الإنسان الآلى.

ملحوظة أخرى:

تتعلق بالصور والأشكال التوضيحية المتضمنة فى هذا الكتاب حيث إن كثيرًا من تلك الصور والأشكال ملونة فى الأصل وطبعها بالألوان فى الكتاب كان سيرفع من تكلفة الكتاب على القارىء دون جدوى حقيقية إلا فى بعض تلك الصور والأشكال الى لا يمكن إيصال المعنى الحقيقى لبعض التفاصيل بها إلا من خلال طبعها بالألوان. لذا فقد تم تجميع هذه الصور والأشكال فى ملحق خاص فى نهاية الكتاب وتم الإشارة إليها فى متن الكتاب على أنها لوحات مقابل الأشكال لغير الملونة.

وفى النهاية لا بد من توجيه خالص الشكر لكل من وافق من العلماء على استخدامنا للصور والأشكال التى يمتلكون حقوق ملكيتها الفكرية ومعظمهم من كبار العلماء العالميين بل إن بعضهم حاصل على جائزة نوبل فى مجال تخصصه مثل الدكتور هارولد كروتو أحد مكتشفى الفللورينات. والشكر أيضا لكل ناشرى الدوريات العلمية الذين أعطونا رخصة استخدام الكثير من الصور والأشكال دون مقابل وكذلك لكل من ترك الصور والأشكال الخاصة به حرة الاستخدام.

أ. د. محمد غريب ابراهيم عميش

الباب الأول

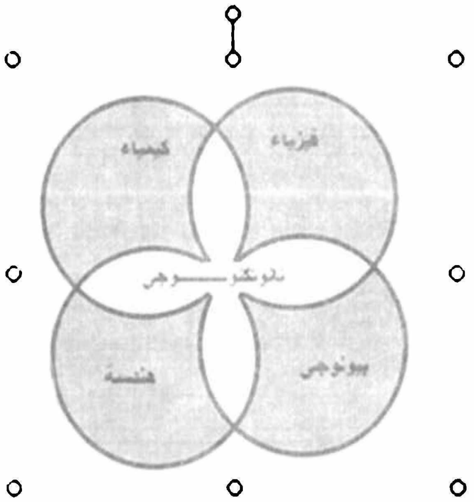
التكنولوجيا النانوية

(النانوتكنولوجى)

الفصل الأول

ما التكنولوجيا النانوية؟

يشتق لفظ النانوتكنولوجى من الكلمة الإغريقية نانوس (Nanos) التى تعنى بالإنجليزية Dwarf أى قزم، وهى حصاد لتكامل علوم عديدة مثل الفيزياء والكيمياء والبيولوجى والهندسة.



شكل ٢ . تشابك العلاقة بين النانوتكنولوجى وفروع العلم المختلفة

البعض يسميها بالعربية التقانة النانوية، وهو لا يختلف كثيرا عن تسميتنا، أما البعض الآخر فيطلق عليها تقنية المنمنمات وتكنولوجيا الصغائر وتكنولوجيا التقزمات والتكنولوجيا المتناهية الصغر. وهنا لنا وقفة مع التسمية الأخيرة فهذه

التكنولوجيا تتعامل مع المواد عند مستوياتها النانومترية، فبماذا سنسمى التكنولوجيا التى تصل بالمواد إلى مستوى البيكومتر أو الفيمتومتر إذا كنا وصلنا إلى المستوى المتناهى فى الصغر؟.

يعتبر أكثر التعريفات شمولا للتكنولوجيا النانوية أو النانوتكنولوجى هو التعريف الذى تم إقراره من المبادرة الوطنية الأمريكية للنانوتكنولوجى (US. National Nanotechnology Initiative NNI) كما يلى:

"تطور الأبحاث والتقنيات على مستوى الذرة والجزىء عند مستوى قياسات بين ١ و ١٠٠ نانومتر لشرح وفهم الظواهر وسلوك المواد عند هذا المستوى النانوى، بهدف تخليق واستخدام تركيبات وأجهزة ونظم صغيرة الحجم تمتلك خصائص ووظائف جديدة ".

وباختصار شديد فالتكنولوجيا النانوية هى فهم سلوك المواد والتحكم فيها عندما تبلغ أبعادها ١ ـ ١٠٠ نانومتر، حيث توجد ظواهر فريدة يمكن استغلالها فى تطبيقات جديدة.

وفيما يلى قياسات بعض المواد المستخدمة فى دراسات وتطبيقات التكنولوجيا النانوية والتى تسمى المواد النانوية : (Nanomaterials)

المواد النانوية	القياس (نانومتر)
الحبيبات النانوية	١ ـ ١٠٠
الفللورينـــات الدندريمرات	١ ١٠

والجدول التالى يوضح التشابه بين قياسات المواد النانوية وقياسات بعض الميكروبات وبعض المكونات الخلوية :

المكونات الخلوية والميكروبات	القياس (نانومتر)
الذرة	١ و .
عرض جزىء الدنا (DNA)	٢
الريبوزوم	٢٥
جسم مضاد	٥ ـ ٥٠
حبيبة فيروسية	٧٥ ـ ١٠٠
خلية بكتيرية	١٠٠٠ ـ ١٠٠٠٠
خلايا الدم البيضاء	١٠٠٠٠

ومما هو جدير بالذكر أن النانومتر يساوى $١٠^{-٩}$ أى جزء من البليون من المتر (البليون = ألف مليون). وهو أصغر من الميكرومتر الذى يساوى $١٠^{-٦}$ أى جزء من المليون من المتر. وأكبر من البيكومتر الذى يساوى $١٠^{-١٢}$ أى جزء من التريليون (الترليون = مليون مليون). أما الفيمتومتر فيساوى $١٠^{-١٥}$ أى جزء من الكوانتيليون (الكوانتيليون = ألف تريليون). ولتقريب تلك القياسات إلى الأذهان فإن النانومتر هذا يكون أصغر من قطر شعرة من شعر الإنسان بحوالى ٨٠٠٠٠ مرة. كما أنه يمكن تخيل حجم الحبيبة النانوية عند مقارنة حجم كرة القدم بالنسبة لحجم الكرة الأرضية.

من المعلوم أن خصائص المواد على مقياس الميكرومتر فأكبر لاتعتمد على الحجم وبالتالى فتجزئ أو تفتيت حبيبات المواد حتى القياسات الميكرونية لن تغير من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لها. فإذا افترضنا أن مكعبا من المعدن طول ضلعه ١سم تماما تم تقطيعه إلى ١٠٠٠ مكعب طول ضلع كل منها ١ و. سم فإننا سنجد أن المكعبات الناتجة تحمل جميع خصائص المكعب الأصلى كاللون والملمس والقدرة على التوصيل الحرارى والكهربائى ودرجة الانصهار وغيرها. وبالمثل يمكن تقطيع أحد المكعبات الناتجة إلى ١٠٠٠ مكعب طول ضلع كل منها ١ و . سم وهى الأخرى ستحمل نفس الخصائص بالطبع . وبتكرار هذه العملية سيصغر المقياس فى كل مرة من السنتيمتر إلى المليمتر وصولا إلى الميكرومتر دون تغير فى الصفات، وعندما نستمر فى التفتيت سنصل إلى مقياس النانومتر وعند هذا الحجم ستتغير جميع خصائص المادة كلياً.

ومما هو جدير بالذكر أن جميع المواد العضوية أو غير العضوية يمكن تحويلها إلى الصورة النانوية التى تكتسب المواد عندها خصائص فيزيائية وكيميائية وبيولوجية جديدة تماما مثل :

الزيادة الهائلة فى النسبة بين المساحة السطحية والحجم للمواد النانوية، ففى مثال المكعب السابق كانت النسبة بين المساحة السطحية للمكعب الذى طول ضلعه ١سم إلى حجمه تساوى ٦. بينما كانت بعد تجزىء المكعب إلى ١٠٠٠ مكعب طول ضلع كل منها ١ و. سم تساوى ٦٠ . وعند الوصول إلى مكعبات طول

الضلع فيها ١ميكرومتر تكون النسبة ٦ × ١٠، ٦ أما عند الوصول إلى ضلع طوله نانومتر تكون النسبة ٦×١٠^{١٢}

- انخفاض درجة انصهار المواد عندما يصبح قياسها نانويا.
- المواد المعتمة تتحول إلى شفافة كالنحاس.
- المواد الصلبة عند درجة حرارة الغرفة تصبح سائلة عند نفس الدرجة كالذهب (لوحة ١).
- المواد العازلة تصبح موصلة كالسليكون.

هذه الصفات والخصائص الجديدة تؤدى إلى إمكانية استخدام هذه المواد عند قياساتها النانوية (تسمى فى هذه الحالة مواد نانوية) فى تطبيقات جديدة كما سيتم استعراضه فيما بعد.

الفصل الثانى

تاريخ التكنولوجيا النانوية؟

منذ العصر الرومانى والإنسان يعتقد أن التفتيت المستمر للمادة إلى أجزاء أصغر حجما سوف يصل بالمادة إلى الوحدة الأساسية التى لا يمكن تجزئتها أو تفتيتها وهى التى سميت بعد ذلك بالذرة (Atom) تلى ذلك اكتشاف مقدرة المواد الكيميائية على الاتحاد ببعضها بنسب ثابتة وهو ما عرف بعد ذلك بالصيغة الجزيئية (Molecular Formula) ثم كان الاكتشاف الأعظم وهو اكتشاف الحلزون المزدوج للحمض النووى الريبوزى منقوص الأكسجين (الدنا DNA) عام ١٩٥٣ بواسطة واطسون وكريك. وإكتشاف تقنية الهندسة الوراثية عام ١٩٧٠ ومعها أصبح بالإمكان إجراء عمليات التعديل الوراثى للكائنات الحية. وهنا دخلت البشرية فعليا عصر التكنولوجيا النانوية.

لقد كانت نقطة البداية لصياغة هذا العلم الجديد فى الحديث الذى أدلى به عالم الفيزياء الأمريكى ريتشارد فاينمان (Richard Feynman) عام ١٩٥٩فى الجمعية الفيزيائية الأمريكية بعنوان "هناك الكثير من الغرف فى القاع" (There's Plenty Room at the Bottom) حيث افترض إمكانية كتابة وحفظ دائرة المعارف البريطانية على رأس دبوس أى تصغير النصوص بنسبة ١/ ٢٥٠٠٠٠ من حجمها الطبيعى.

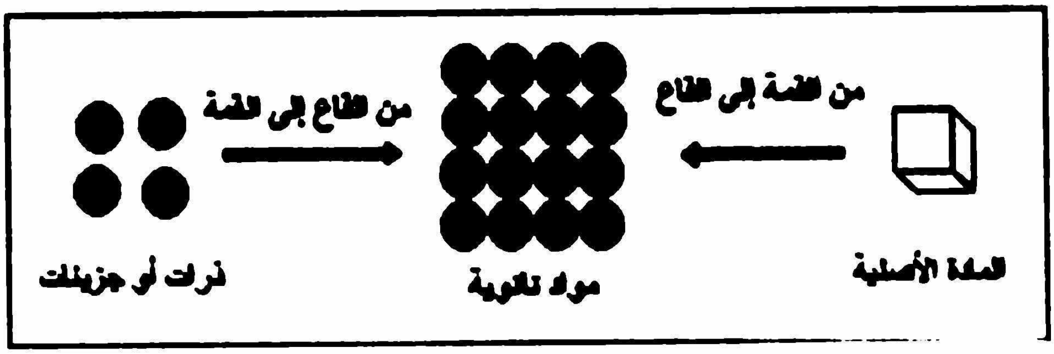
ريتشارد فاينمان (١٩١٨ - ١٩٨٨)

وصف فاينمان العملية التى يمكن التعامل من خلالها مع الذرات والجزيئات المفردة باستخدام مجموعة من الأدوات الدقيقة لبناء وتشغيل مجموعة أخرى أصغر نسبيا ومن ثم إلى مجموعات أصغر فأصغر حتى الوصول إلى القياس المطلوب. وقد أشار فاينمان إلى أن الظواهر الفيزيائية قد تتغير عند القياسات الصغيرة فالجاذبية قد تقل أهميتها فى الوقت الذى قد تتزايد فيه أهمية التوتر السطحى.

من القاع إلى القمة والعكس: (Bottom-up and Top-down)

فى حديث فاينمان السابق اقترح استخدام مجموعة من الأذرع التقليدية لإنسان آلى لتشييد نسخ منها لكن بحجم يصل إلى عشر الحجم الأصلى، ثم استخدام مجموعة الأذرع الجديدة لبناء مجموعة من الأذرع أصغر فأصغر حتى الوصول إلى الحجم الجزيئى. فى هذه الحالة إذا كان لدينا ملايين أو بلايين من هذه الأذرع الجزيئية القياس فإنه يمكن برمجتها لتعمل معا لتخليق منتجات ذات قياسات أكبر تم بناؤها من الوحدات الجزيئية وهو مايطلق عليه تقنية التجميع من القاع إلى القمة (Bottom-up). وهى عكس تقنية تجزىء أو تفتيت مادة ما للحصول على منتج معين وهو مايعرف بالتصنيع من القمة إلى القاع .(Top-down) وبالتالى فإن تحويل المادة من المستوى الميكرونى إلى المستوى النانوى هو مايطلق عليه من القمة إلى القاع، أما التجمع الذاتى للذرات أو الجزيئات من المستوى البيكوى للوصول إلى المستوى النانوى هو مايعرف من القاع إلى القمة (شكل٣). ولما كانت الحياة يمكن اعتبارها تجمع من عمليات التنظيم الذاتى والتحطيم

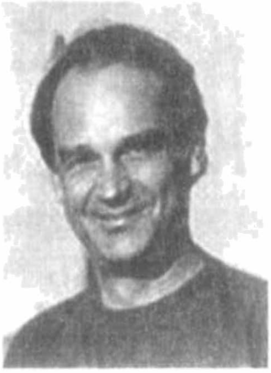
الذاتى. فإن القدرة على اكتشاف العناصر النانوية سواء كانت بيولوجية أوغير بيولوجية والتعامل معها هو المجال العام للتكنولوجيا النانوية.



شكل ٣. من القمة إلى القاع والعكس

تم استخدام مصطلح النانوتكنولوجى لأول مرة عام ١٩٧٤ بواسطة العالم اليابانى نوريو تانيجوشى (Norio Taniguchi) عندما حاول بهذا المصطلح التعبير عن وسائل وطرق تصنيع وعمليات تشغيل عناصر ميكانيكية وكهربائية بدقة عالية فى أبعاد صغيرة. وقد ظهر جليا أهمية تحرى الدقة العالية لتنظيم القطع الصغيرة جدا مع بعضها، لذا كان لزاما على العلماء اختراع أدوات جديدة تناسب الأهداف العلمية المطلوبة ومن ثم قام جيرد بيننج (Gerd Binnig) وهاينريش روربر (Heinrich Rohrer) باختراع مجهر الأنفاق الماسح Tunneling Scanning Microscope) عام ١٩٨١ ونالا عنه جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٨٦ .

هاينريش رورير (١٩٣٣-)



جيرد بيننج (١٩٤٧-)

لم تتعرض الفكرة التى عرضها فاينمان للمناقشة منذ ١٩٥٩ حتى منتصف الثمانينيات من القرن الماضى وبالتحديد عام ١٩٨٦ عندما قام العالم الأمريكى إيريك دركسلر (Eric Drexler) - أول من حصل على درجة الدكتوراه فى التكنولوجيا النانوية- بصياغة أكثر عمقا للتكنولوجيا النانوية فى كتابه المعروف باسم "قاطرات الخلق" (Engines of Creation) الذى صاغ فيه مفهوم التصنيع الجزيئى (Molecular Manufacturing) حيث يمكن تصنيع منتجات من القاع إلى القمة مع التحكم التام فى تركيبها الجزيئى بوضع كل جزىء فى موضعه الصحيح كما أن كل قطعة من المادة تكون جزءًا من النظام النانوى وبالتالى تقوم بدورها على أحسن مايكون.

نوريو تانيجوشى (١٩١٢ - ١٩٩٩)

فى عام ١٩٩٢ نشر دركسلر كتابه الثانى الذى أسماه "الأنظمة النانوية" (Nan-osystems) ومن ثم اكتسب المفهوم معناه الحالى، كما أصبح مألوفا بسرعة شديدة وأدى هذا إلى أن ينجرف البعض به بعيدا عن المعنى الحقيقى له.

إيريك دركسلر (١٩٤٠)

وقد قام دركسلر بتوضيح الفرق بين التكنولوجيا النانوية وبين عمليات التصنيع الجزيئى (Molecular Manufacturing) التى أسماها أيضا التكنولوجيا النانوية الجزيئية (Molecular Nanotechnology) للتمييز بين مفهومه للتكنولوجيا النانوية وبين البحوث السطحية التى اقتبست اللفظ الجديد حيث أصبحت التكنولوجيا النانوية تشير فقط إلى أى شىء يتميز بصفات جديدة ويتراوح حجمه بين ١ و ١٠٠ نانومتر.

ومما هو جدير بالذكر أن ميهائيل روكو (Mihail Roco) وهو أحد علماء المبادرة الوطنية الأمريكية للتكنولوجيا النانوية التى أعلنها الرئيس الأمريكى الأسبق بيل كلينتون عام ٢٠٠٠ قام بوصف المراحل أو الأجيال المختلفة التى يعتقد أن النانوتكنولوجى ستمر بها وهى:

١ ـ الحقبة الأولى منذ العمل فى هذا المجال وحتى عام ٢٠٠٥ وتم فيها وصف التركيبات النانوية السلبية (Passive Nanostructures) لإنجاز مهمة واحدة.

٢ ـ المرحلة الثانية من ٢٠٠٥ ـ ٢٠١٠ ويتم فيها إدخال التركيبات النانوية الفعالة (Active Nanostructures) التى يمكنها القيام بأكثر من مهمة كاكتشاف الخلايا السرطانية وتوصيل الدواء إليها.

٣ ـ الجيل الثالث الذى خطط البدء فيه عام ٢٠١٠ وفيه سيتم التوصل إلى الأنظمة النانوية ثلاثية الأبعاد والتجمع الذاتى للعمليات الكيموميكانيكية.

٤ ـ الجيل الرابع الذى يتوقع الوصول إليه حوالى عام ٢٠١٥، ويعتقد أنه سيتم فيه التوصل إلى الأنظمة النانوية المتكاملة التى تعمل كخلايا الثدييات، حيث يمتلك كل جزىء فى النظام النانوى تركيبه المميز وسيقوم بدوره المرسوم له. فى هذا الجيل سيتم تخليق الجزيئات متعددة الوظائف وسيتم محاكاة الأنظمة الحيوية المعروفة من خلال التركيبات النانوية.

الفصل الثالث

المـواد النـانوية

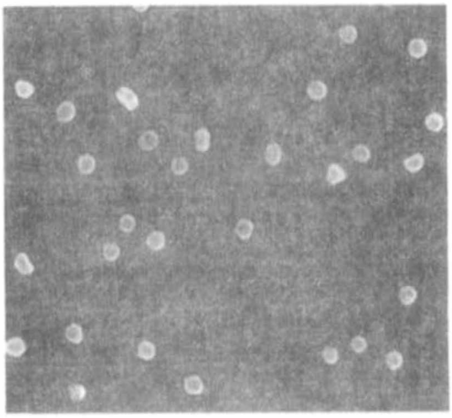
المواد النانوية (Nanomatrials) هى المواد التى تستخدم فى دراسة التكنولوجيا النانوية وتطبيقاتها. وكما هو معلوم فإن أى مجسم مجهرى الحجم يتكون من ترليونات الذرات، وعلى النقيض من ذلك فإن عدد الذرات فى المواد النانوية يكون محدودا ولا يتعدى آلاف منها. إن الانتقال من المستوى المجهرى إلى المستوى النانوى يؤدى إلى الزيادة الهائلة فى المساحة السطحية كما ذكر آنفا، وعند وجود حبيبة ما فى إحدى المواد المجهرية الميكرونية القياس فإن ذراتها تترتب فى طبقات حول الذرة المركزية وتكون نسبة الذرات السطحية حوالى واحد فى الألف من العدد الكلى لذراتها، أما عند تفتيت حبيبات تلك المادة لتصل إلى المستوى النانوى فإن عدد الذرات السطحية يزداد تدريجيا، وعلى سبيل المثال فإن النسبة المئوية للذرات السطحية تكون ١٥٪ عندما يكون قياس الحبيبة ١٢ نانومترًا وتزداد إلى ٤٠٪ عند تناقص حجم الحبيبة إلى ٥ نانومترات.

يمكن تجميع المواد النانوية فى ثلاث مجموعات كما يلى:

أ- المواد النانوية الخام : (Raw Nnanomaterials)

١- الحبيبات النانوية : (Nanoparticles)

الحبيبات النانوية (شكل ٤) هى حبيبات ميكروسكوبية غير عضوية يكون أحد أبعادها فى أبسط الحالات أقل من ١٠٠ نانومتر. يمكن الحصول على الحبيبات النانوية بتفتيت الحبيبات الأكبر (من القمة إلى القاع) أو بالتجميع المتحكم فيه للحبيبات الأصغر (من القاع إلى القمة)، والطريقة الأولى هى الأكثر أهمية لإنتاج الحبيبات النانوية صناعيا. ومما هو جدير بالذكر أن الحبيبات النانوية تنطلق بشكل طبيعى إلى الغلاف الجوى من خلال العديد من الظواهر الطبيعية (النشاط البركانى) والأنشطة الصناعية (لحام وصهر المعادن) والمنزلية (الطهو).



شكل ٤ صورة بالمجهر الإلكترونى الماسح لحبيبات الذهب النانوية مكبرة ٢٥٠٠٠٠ مرة

(الصورة منقولة من موقع http://publicdomainclip-art.blogspot.com ومصرح باستخدامها دون قيود

Credit: Andras Vladar (NIST) ("Public domain"

عند فحص عينات من الهواء فى المناطق الحضرية وفى المناطق الريفية كانت المفاجأة تشابههما لدرجة كبيرة فى محتواهما من الحبيبات النانوية التى تتراوح بين مليون ومائة مليون فى اللتر الواحد من الهواء اعتمادا على الظروف السائدة. فى المناطق الريفية تتكون الحبيبات النانوية نتيجة للنشاط البشرى مثل عمليات حرق الخشب، أما فى المناطق الحضرية فيكون مصدرها الأساسى هو عادم السيارات. وقد وجد أن الحبيبات النانوية المتكونة على الطرق البرية السريعة يكون حجمها صغير جدا.

تستخدم هذه الحبيبات النانوية فى كثير من البحوث العلمية فى المجالات البيولوجية والطبية والإلكترونية وغيرها. حيث تستغل خصائصها المميزة كالمعدل المرتفع جدا للمساحة السطحية إلى الحجم الذى تم الإشارة له من قبل. ومن المهم هنا التمييز بين الحبيبات النانوية العضوية التى غالبا مايشار إليها باسم الدندريمرات والحبيبات النانوية الحقيقية وهى الحبيبات النانوية غير العضوية.

٢ - الفللورينات: (Fullerenes)

تم التعرف على الفللورينات لأول مرة عام ١٩٤٥ نتيجة للتجارب التى قام بها فريق من العلماء فى جامعة رايس الأمريكية بقيادة الكيميائى الإنجليزى هارولد كروتو (Harold Kroto) وفيها تم تبخير الجرافيت بتعريضه لليزر والحصول على أول فللورينات صناعية عام ١٩٩١ ومن ثم الحصول على جائزة نوبل فى الكيمياء عنها عام ١٩٩٦ .

هارولد كروتو (١٩٣٩ -) ممسكا بنموذج للفللورين

يوجد الكربون الطبيعى فى عدة صور ومعظم الناس يعرفون منها الجرافيت والماس. أما الصورة الثالثة التى لا يعرفها الكثيرون فهى الفللورين التى يطلق عليها البعض بصورة خاطئة الشكل الجديد من الكربون وفى الحقيقة فإن الفللورين يوجد منذ القدم فى الغبار بين النجوم وفى التراكيب الجيولوجية على الأرض إلا أن الجديد هومعرفة البشر به.

الفللورينات جزيئات تتكون من الكربون التى تأخذ أشكالا متعددة منها الكروى المجوف والبيضوى والأنبوبى. ويطلق على الأشكال الأسطوانية منها أنابيب الكربون النانوية. تم تسمية هذه الجزيئات بهذا الاسم تخليدا لذكرى المهندس المعمارى الأمريكى ريتشارد بكمنسترفولر (Richard Buckminster Fuller) مصمم القباب الجيوديسية (Geodesic Domes) والتى يظهر منظرها العام فى شكل ٥ التالى.

ريتشارد بكمنسترفولر (١٨٩٥ - ١٩٨٣)

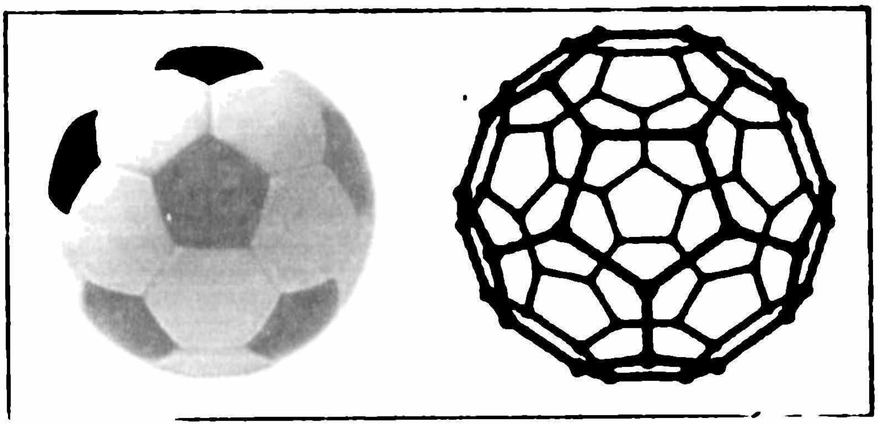
شكل ٥ قبة جيوديسية فى ديزنى لاند
(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها تحت بند
(GNU Free Documentation License
(Original upload by Erik 16 at en.wikipedia

أنواع الفللورينات :

توجد عدة أنواع من الفللورينات أشهرها هو المسمى بكمنسترفللورين أو C60 بالإضافة إلى أنواع أخرى أهمها C70 و C76 وC84

١ . بكمنسترفللورين (Buckminsterfullerene, C60).

هذا النوع الذى يسمى أيضا كرة بوك (Buckyball) هو أصغر أنواع الفللورينات حيث يقدر قطر الجزىء نانومتر واحد، وهو مكون من ٦٠ ذرة من الكربون مرتبة فى ١٢ شكلا خماسيًا و٢٠ شكلاً سداسيًا يأخذ تماما شكل كرة القدم حيث يمثل اللون الأسود الأشكال الخماسية واللون الأبيض الأشكال السداسية (شكل ٦).



شكل ٦ - تركيب بكمنستر فللورين C60

(الرسم التخطيطى منقول من الموسوعة "ويكيبيديا" بتصريح من الدكتور هارولد كروتو

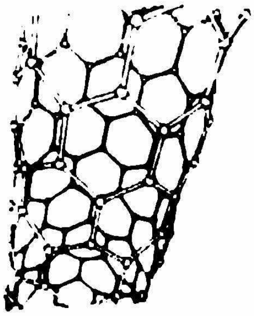
بالمقارنة بتركيب كرة القدم

وفى هذا التركيب توجد ٦٠ نقطة مختلفة تتلاقى فيها ثلاث قطع من الأشكال السابقة هذه النقاط ماهى إلا ذرات الكربون. أما الروابط التى توجد على امتداد الحواف فيوجد منها نوعان: روابط بين ذرات الكربون ٦ : ٦ وهى روابط مزدوجة تربط بين كل شكلين سداسيين و روابط ٦ : ٥ بين الأشكال الخماسية والسداسية . ومما هو جدير بالذكر أنه لا توجد حواف مشتركة نهائيا بين الأشكال السداسية والأشكال الخماسية.

٢ ـ أنابيب الكربون النانوية : (Carbon Nanotubes)

اكتشف الباحث اليابانى سوميو إيجيما (Sumio Iijima) أنابيب الكربون النانوية المؤلفة فقط من شبكة من الذرات الكربونية فى عام ١٩٩١ يبلغ عرض هذه الأنابيب النانوية عدة نانومترات فى حين يتراوح طولها بين أقل من الميكرومتر إلى عديد من المليمترات. هذه الأنابيب النانوية قد تكون مغلقة أو مفتوحة الطرف (شكل ٧) وهذا التركيب الفريد يكسب تلك الأنابيب النانوية العديد من الصفات مثل زيادة التوصيل الحرارى والكهربائى وزيادة المقاومة الميكانيكية والحرارية وغيرها من الصفات. من الاستخدامات المهمة لتلك الأنابيب النانوية استخدامها فى تصنيع الأغشية النانوية ذات الثقوب التى لا يزيد قطرها عن ١٠ نانومترات والمستخدمة فى عمليات الترشيح النانوى (Nanofiltration) فى أجهزة الكلى الصناعية وفى تحلية مياه البحر وفى معالجة مياه الصرف.

سوميو إيجيما (١٩٣٩ ـ)



شكل ٧ تركيب الأنبوب النانوى

(الرسم منقول من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامه تحت بند

(GNU Free Documentaion Licence

(Original hochgeladen von Schwarzm)

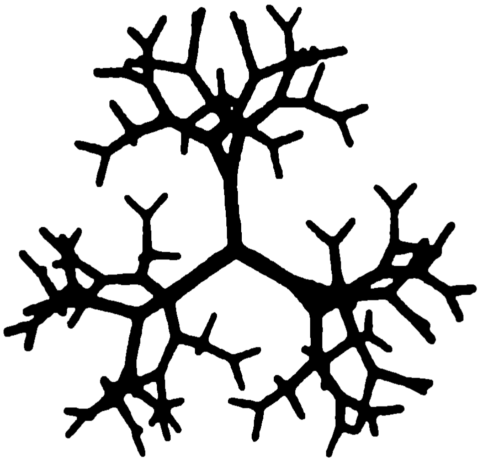
ب. المواد النانوية التركيبية: (Nanostructured Materials)

المواد النانوية التركيبية هى صور مصنعة من المواد النانوية الخام بأشكال خاصة للقيام بمهام أو وظائف محددة تضم الدندرميرات والكوانتم دوت.

١- الدندريمرات: (Dendrimers)

يطلق لفظ الدندريمرات على الحبيبات النانوية العضوية بواسطة الغالبية العظمى من المتخصصين فى هذا المجال وهو ماسنأخذ به هنا. الدندريمرات هى أول التركيبات النانوية التى أمكن تصميمها وتصنيعها بدقة تامة لاستخدامها فى العديد من المجالات التطبيقية.

تمتلك الدندريمرات تركيبًا ثلاثى الأبعاد (شكل ٨) وتختلف جزيئات الدندريمرات فى شكلها العام هذا عن جزيئات البوليمرات المعروفة والتى تمتد فى اتجاهين فقط بما يمكن تشبيهه بأشرطة السباجيتى. وكما يتضح من الشكل فجزىء الدندريمر يمتلك قالبًا مركزيًا يخرج منه هياكل من جزيئات متفرعة ولنقاط التفرع أهمية كبرى حيث يمكن ربط العديد من الوحدات الكيميائية إليها وبضبط الخصائص الكيميائية للقالب والهياكل المتفرعة خصوصا طبقاتها السطحية يمكن تفصيل جزيئات من الدندريمرات طبقا للمجال التطبيقى المطلوب.



شكل ٨ - شكل تخطيطى للدندريمر يوضح تركيبه ثلاثى الأبعاد

(الشكل منقول من موقع http://www.biopolymer.group.shef.ac.uk

بتصريح من الدكتور لانس تويمان بجامعة شيفيلد)

من التطبيقات المهمة التى تستخدم فيها الدندريمرات استخدامها كحاويات لتوصيل الدواء سواء كان ذلك موضعيا كاستخدامها فى المراهم أو حقنها للتوصيل الموجه للدواء إلى عضو أو نسيج معين. ومما يميز الدندريمرات فى هذا المجال تمتعها بصفات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية منها:

- مقدرتها العالية على المرور عبر الأغشية البلازمية.
- قدرتها التحميلية العالية حيث يمكن استخدامها فى حمل وتخزين أنواع مختلفة من المعادن والجزيئات العضوية وغير العضوية سواء بالامتصاص أو بالإحاطة.
- تظهر معظم أنواعها مستوى منخفض جدا من السمية الخلوية.
- لا ينتج عن استخدامها إلا رد فعل مناعى قليل جدا عند استخدامها موضعيًا أو جهازيًا.

٢ ـ الكوانتم دوت: (Quantum Dot)

فى أوائل الثمانينيات من القرن الماضى تمكن فريق بحثى أمريكى بقيادة لويس بروس Louis Brus من اكتشاف الكوانتم دوت التى تعتبر إحدى الإضافات المهمة فى مجال النانوتكنولوجى، وهى بللورات نانوية القياس تومض عند إثارتها بمصدر ضوئى خارجى كالأشعة فوق البنفسجية يمكن صناعتها من عدد كبير من المواد أشهرها كبريتيد الزنك وكبريتيد الرصاص وسيلينايد الكادميوم. وتجدر الإشارة إلى أن الكوانتم دوت المثالية تحتوى على حوالى ١٠٠ ـ ١٠٠٠٠٠ ذرة فى قلب بللورتها. ويتراوح قطرها بين ٢ و ١٠ نانومتر.

لويس بروس (١٩٤٣ ـ)

تستخدم الكوانتم دوت كمجسات عالية الدقة فى البحوث البيولوجية والتشخيص الطبى، ولما كانت الاستخدامات الرئيسية للكوانتم دوت تتم داخل الجسم البشرى فإنه يتم إحاطتها بغلاف خامل لمنع أى تأثير سام لها.

كيف تعمل الكوانتم دوت :

من المعروف أن الذرات عند إثارتها بقدر من الطاقة فإن الإلكترونات تتحرك إلى مستويات أعلى، وعند عودة الإلكترونات إلى حالتها الطبيعية فإن الطاقة الإضافية تنبعث على هيئة ضوء ذى تردد معين. وبنفس الطريقة يكون عمل الكوانتم دوت مع اختلاف واحد هو أن بلورتها تعمل كذرة واحدة كبيرة.

وقد وجد أن الضوء المنبعث يعتمد لونه على حجم بللورات الكوانتم دوت وليس على المادة المصنوعة منها. فالبللورات الكبيرة ينتج عنها ضوء ذو طول موجى كبير أى أحمر والبللورات الصغيرة ينتج عنها ضوء ذو طول موجى صغير أى أزرق. بالتالى فالبللورات ذات الأحجام الوسطية سوف ينتج عنها أطوال موجية وسطية أو ألوان وسطية بين الأحمر والأزرق (لوحة ٢).

حـ - المواد النانوية الذكية: (Intelligent Nanomaterials)

هذه المنطقة من النانوتكنولوجى سحرية وجدلية فى نفس الوقت تشتمل على عدة صور من البحوث معظمها تخيلية أو نظرية حتى الآن لكن ليس بمستبعد التوصل إلى تلك الأفكار قريبا. أهم هذه المواد الذكية هو مايعرف بالروبوت النانوى (Nanorobot) الذى يمكن حقنه فى الجسم للتخلص من الخلايا غير المرغوب فيها أو خلايا الميكروبات الغازية بالإضافة إلى إمكانية استخدامه كجراح نانوى. أيضا تضم المواد النانوية الذكية الحواس النانوية التى تحس بالمؤثرات الخارجية وتغير من صفاتها لتتكيف مع التغيرات البيئية.

١ - الروبوت النانوى (Nanorobots)

الروبوت النانوى هو آلة دقيقة تتوافق أبعادها مع المقاييس النانوية تم وصفها وتصميمها نظريا - حتى الآن - لإنجاز مهمة محددة أو عدد من المهام المتتالية. وسوف يتراوح قطر هذا الروبوت النانوى بين نصف وثلاثة ميكرونات لكنه يتكون

من أجزاء تتراوح أبعادها بين ١ و ١٠٠ نانومتر. من المفترض عند إنجازه أن يعمل الروبوت النانوى على المستوى الذرى والجرينى والخلوى لإنجاز مهام فى المجالات الطبية والصناعية تعتبر حاليا ضربا من ضروب الخيال العلمى.

العنصر الرئيسى الذى سيستخدم فى تصنيع الروبوت النانوى هو الكربون فى صورة الماس أو الفللورين لصلابة هذه الصور من التركيبات الكربونية النانوية ولخمولها من وجهة النظر الكيميائية. ولتحاشى مهاجمة جهاز المناعة فى الإنسان للروبوت النانوى فإن الطبقة الخارجية له سوف تكون من الماس الخامل وكلما كان الغطاء الخارجى أملس كان التفاعل المتوقع من جهاز المناعة أقل ما يمكن. وسوف تحصل الروبوتات النانوية على الطاقة اللازمة لها من الجلوكوز أو من أى سكريات أخرى فى الجسم بالإضافة إلى الأكسجين كما أنها سوف تحتوى على أجزاء كيموحيوية أو جزيئية تختلف باختلاف المهمة الموكلة لها.

من المتوقع أن يصمم الجيل الأول من الروبوتات النانوية لإنجاز مهام بسيطة جدا ومع تقدم العلم فى هذا المجال ستصبح المهام أكثر تعقيدا. وطبقا للنظريات المتاحة حاليا فإن الروبوتات النانوية سوف تمتلك وسيلة للاتصال المزدوج الاتجاه يعتمد على الإشارات الصوتية، كما أنه سيمكنها استقبال الطاقة وسيتم إعادة برمجتها من مصدر خارجى عبر الموجات الصوتية.

يمكن تخيل تكوين شبكة إبحار للروبوتات النانوية فى جسم الإنسان مع محطات مراقبة بحرية للتحكم فى مسارات هذه الروبوتات واستجوابها لمعرفة وجهتها مما سيمكن الطبيب من متابعتها داخل جسم الإنسان حتى تنهى المهمة المنوطة بها ومن ثم استرجاعها من مسارات الإخراج الطبيعية. هذه الروبوتات سوف تميز بين أنواع الخلايا المختلفة عن طريق فحص مولدات الأحسام المضادة (الأنتيجينات على سطحها التى تختلف باختلاف نوع الخلايا.

ويأمل العلماء فى أن تقوم الروبوتات النانوية بالكثير فى مجال الطب ابتداء من استئصال الأمراض وانتهاء بإعادة الشباب من خلال علاج الخلايا للتخلص من التجاعيد ومن هشاشة العظام ومن مظاهر الشيخوخة الأخرى. كما أن هذه

الروبوتات النانوية مرشحة للقيام بدور كبير فى الصناعة بالإضافة إلى إمكانية استخدامها فى تنظيف الهواء الجوى من ثانى أكسيد الكربون وغيره من الملوثات البيئية وفى إصلاح ثقب الأوزون.

٢ ـ الحواس النانوية: (Nanosensors)

من المأمول أن تقوم هذه الحواس النانوية بنقل المعلومات إلى المستوى المجهرى حيث ستكون لها استخداماتها فى المجال الطبى. وهناك العديد من الأعمال البحثية فى هذا المجال التى تستخدم الحبيبات النانوية والكوانتم دوت كما سيأتى فيما بعد.

الفصل الرابع

الأدوات النانوية

تضم الأدوات النانوية تقنيات المجاهر والأجهزة التى تسمح بالتعامل مع المواد النانوية والكشف عن الجزيئات المفردة بهدف المعرفة الأفضل لطبيعة العلم. هذه الأدوات تشمل نوعين من المجاهر كما يلى:

أ- مجهر المجسات الماسحة: (Scanning Probe Microscopes)

يمتلك المجهر من هذه النوعية مجسما (Probe) على هيئة رأس (Tip) دقيقة ماسحة يبلغ سمكها بضع ذرات تقوم بمسح العينة المطلوبة من طرف إلى آخر مع تسجيل حركة هذه المجسات. تضم هذه المجاهر نوعين رئيسيين من المجاهر هما: مجهر الأنفاق الماسح ومجهر القوة الذرية اللذان يعطيان صورًا للذرات على سطح العينات المدروسة أو بداخلها بحساسية تصل إلى نانومتر واحد.

١- مجهر الأنفاق الماسح : (Scanning Tunneling Microscope)

يعطى هذا المجهر الذى تم اختراعة عام ١٩٨١ بواسطة جيرد بيننج Gerd (Binnig) وهاينريش رورير (Heinrich Rohrer) صورا ثلاثية الأبعاد للذرات المفردة على سطح المواد ولهذا أهميته عند دراسة الخصائص الكهربائية لتلك المواد. هذا المجهر ليس مجهرا ضوئيا ولكنه يعمل باكتشاف القوى الإلكترونية مع استخدام مجس دقيق يمكنه عبور ذرة واحدة فقط. يقوم هذا المجس بمسح

للسطح المراد تصويره بطريقة تشبه ما يفعله الكفيف بعصاه حيث يمكن الحصول على تفاصيل مقدارها نانومتر واحد أو أقل.

ومما هو جدير بالذكر أن شركة آى بى إم (IBM) قد تمكنت فى عام ١٩٩٠ من ترتيب ٣٥ ذرة من ذرات عنصر الزينون على سطح بللورة من النيكل لكتابة اسم الشركة باستخدام هذا المجهر (شكل١٤).

٢- مجهر القوة الذرية: (Atomic Force Microscope)

تم اختراع هذا المجهر عام ١٩٨٥ بواسطة جيرد بيننج (Gerd Binnig وكريستوف جيربر (Christoph Gerber) من شركة آى بى إم فى زيوريخ وكالفن كوات (Calvin Quate) من جامعة ستانفورد الأمريكية. يقوم هذا المجهر بمسح دقيق للعينة لتوضيح وتصوير تركيباتها السطحية بطريقة ثلاثية الأبعاد بدقة تصل إلى تصوير التركيبات النانوية ذات أحجام ٠.١ ـ ٠,٢ ونانومتر كما أن قوة تكبيره تتراوح بين ١٠٠ و ١٠٠ مليون مرة. يتميز مجهر القوة الذرية عن مجهر الأنفاق الماسح بقوة تمييزه (Resolution) الأكبر حيث يمكن به الحصول على صور ذات جودة وقوة تمييز عالية .كما أن العينات المطلوب دراستها لا تحتاج إلى عمليات تحضير قد تؤدى إلى حدوث تشوهات بها. ومما هو جدير بالذكر أن قوة التمييز يقصد بها قدرة المجهر على التمييز أو التفريق بين جسمين دقيقين متقاربين بحيث يظهران منفصلين.

وقد تم استخدام هذا المجهر فى الكتابة والرسم بالذرات عند درجة حرارة الغرفة بدلا من درجات الحرارة المنخفضة التى تحتاجها نفس الطريقة باستخدام مجهر الأنفاق الماسح .

ب. مجهر قوة الرنين المغناطيسى: (Magnetic Resonance Force Microscopy)

يتميز هذا المجهر بمقدرته فى الكشف المباشر عن الإشارات المغناطيسية الدقيقة جدا من أى إلكترون ولو كان مفردا ومطمورا بداخل العينة الصلبة. وقد أصبح بالإمكان باستخدام هذا المجهر الحصول على صور ثلاثية الأبعاد للجزيئات كالبروتينات بحساسية تتعدى عشرة ملايين مرة حساسية الأجهزة التقليدية المستخدمة فى تصوير الأعضاء البشرية.

الباب الثانى

البيولوچيا النانوية

(النانوبيولوجى)

النانوبيولوجى

النانوبيولوجى (Nanobiology) أو البيولوجيا النانوية هو تطبيقات العلوم النانوية والتقنيات الهندسية لإنتاج مواد وأجهزة جديدة لها تطبيقات بيولوجية وطبية. يمكن تعريف هذا الفرع من النانوتكنولوجى بأنه الفرع الذى يستخدم المواد والمبادئ البيولوجية ويتعامل مع تخليق أو تصنيع التركيبات المتناهية الصغر التى قد لا تزيد عن جزىء واحد.

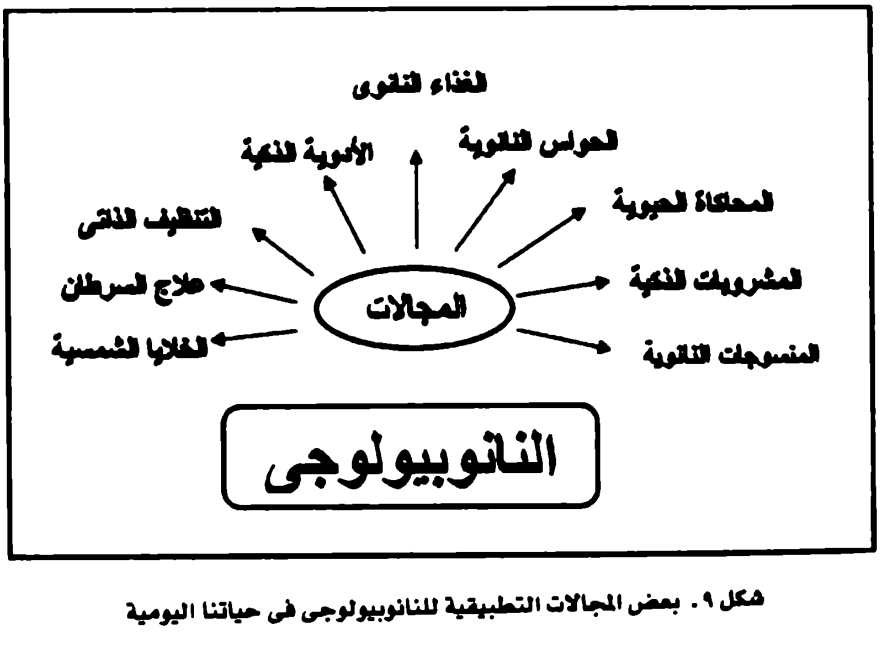
يقع عالم الأحياء التى نعرفها جميعا عند القياسات الكبرى التى نلمسها جميعا بشكل مباشر أو بالاستعانة بأدوات مساعدة بسيطة كالمجاهر الضوئية. فالنباتات والحيوانات والبشر الآخرين الذين نتفاعل معهم بشكل مباشر تكون قياستهم بين الأمتار والسنتيمترات، وعند النزول إلى قياسات أصغر يكون تعاملنا بشكل غير مباشر من خلال المجاهر والأدوات المختبرية المساعدة مع الكائنات الميكرونية كالخلايا المفردة والبكتيريا وغيرها من الكائنات المجهرية التى تنتمى فى مناهجنا الحالية إلى مايسمى علم الكائنات الدقيقة أو الميكروبيولوجى (Microbiology) . ومع النزول إلى مستويات أصغر وهى المستويات النانوية تكون العضيات والمكونات الكيميائية للخلية. فالدنا والأغشية البلازمية تكون فى حدود ٢-٣ نانومتر، بينما تكون البروتينات والأجسام المضادة فى حدود ٥ ـ ١٠ نانومتر ، ولما كانت جميع أشكال الحياة تشترك فى هذه المكونات فإن علوم الحياة تكون دائما عند القياسات النانوية. وبالتالى فإن النانوبيولوجى هو وصف عام للبحوث الأساسية فى مجال البيولوجى والتى تحدث عند المستويات النانوية أو يتم إنجازها باستخدام التكنولوجيا النانوية.

من الأسباب المهمة لدراسة النانوبيولوجى الرغبة فى ملاحظة الصفات البيولوجية التى لا يمكن رؤيتها عند المستويات الأكبر. من أمثلة ذلك إمكانية قياس الخصائص الفيزيائية لجزىء مفرد من البروتين أو الدنا الذى يعطينا

معرفة إضافية عن تركيب تلك الجزيئات ووظائفها، هذه المعلومات سوف تؤدى إلى معرفة كيفية عمل كل جزىء فى المركب الكيميائى وكيفية تفاعل تلك الجزيئات مع بعضها حتى يؤدى المركب البيولوجى دوره المنوط به كالحركة والنمو والتكاثر وغيرها. كما تمكننا من معرفة كيفية حيود هذه الجزيئات عن القيام بدورها الطبيعى مما يؤدى إلى حدوث الأمراض وبالتالى يمكن التحكم مستقبلا لمنع هذا الحيود. كل ذلك لم يكن ممكنا بدراسة هذه المواد عند مستوياتها الميكرونية.

مجالات وتطبيقات النانوبيولوجى:

لتسهيل فهم ودراسة النانوبيولوجى كفرع مهم من فروع النانوتكنولوجى فإنه من المفيد النظر إلى المجالات البحثية الأكاديمية والتجارية كخطوة للتوصل إلى التخصصات الفرعية لهذا العلم شأنه فى ذلك شأن العلوم الأخرى، فالميكروبيولوجى على سبيل المثال يضم تخصصات فرعية مستقلة للبكتيريا والفطريات والفيروسات وغيرها. وبالمثل فإنه يمكن تقسيم هذا الفرع الجديد إلى عدة مجالات فرعية كما يلى: التركيبات والأجهزة البيولوجية النانوية، المحاكاة الحيوية، الطب النانوى، البكتيريا النانوية والمنتجات البيولوجية النانوية.



شكل ٩. بعض المجالات التطبيقية للنانوبيولوجى فى حياتنا اليومية

الفصل الخامس

التركيبات والأجهزة البيولوجية النانوية

توجد العديد من التقنيات التى تستخدم التكنولوجيا النانوية فى اكتشاف أو جس أو قياس الأنظمة البيولوجية وهى ماتسمى التركيبات والأجهزة البيولوجية النانوية. (Nanobiological Structures and Systems) إن الميزة الرئيسية التى تعتمد عليها التكنولوجيا النانوية فى هذا المجال هو اكتساب المواد لصفات فيزيائية فريدة عند وجودها على القياس النانوى كما ذكر من قبل،ومن أمثلة ذلك تصنيع شرائح نانوية أو أجهزة نانوية لفحص أعداد كبيرة من الأهداف البيولوجية. ونتيجة لاستخدام هذه الأجهزة النانوية فإن الباحثين يستخدمون كميات ضئيلة للغاية سواء من العينات المطلوب تحليلها أو من الكواشف الكيميائية مما يكون له أثر بالغ فى تحسين البيئة بالإضافة للوفر الاقتصادى الكبير نتيجة ارتفاع أسعار تلك الكواشف.

أ - المختبر المحمول أوالشريحة المختبر

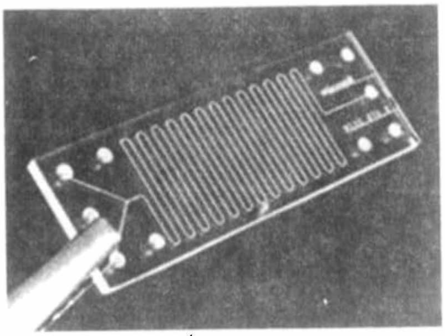
المختبر المحمول (Lab-on-a chip) لفظ عام يشير إلى أى نوع من الأجهزة المحمولة التى تستهدف تقليل أو تصغير العمليات الكيميائية والبيولوجية. هذا المختبر المحمول ما هو إلا حساس يمكنه إجراء العديد من التحاليل باستخدام شريحة مفردة لا يزيد حجمها عن عدة ملليمترات إلى سنتيمترات مربعة يمكن

تشبيهها بشريحة الهاتف المحمول (شكل ١٠) ولا يستخدم سوى كميات ضئيلة جدا من المحاليل تقدر بالبيكولترات.

من مزايا هذا المختبر المحمول ما ذكر آنفا عن استخدام كميات متناهية الصغر من العينات والكواشف على السواء نتيجة للحيز الداخلى المتناهى الصغر للشريحة وبالتالى الحفاظ على البيئة من التلوث مع تقليل التكلفة الكلية للتحاليل. كما يتميز هذا النظام أيضا بسرعة الحصول على النتائج والتحكم فى عمليات التحاليل بشكل أفضل. أضف إلى ذلك أن تكلفة تصنيع تلك الشرائح المختبرية بسيطة جدا مما يسمح بإنتاجها على النطاق التجارى بشكل مربح. وأخيرا فإنها تمثل وسيلة آمنة للتحاليل التى تحتوى على نظائر مشعة نتيجة استخدام كميات ضئيلة جدا أثناء إجراء التحاليل. من الناحية الأخرى فهناك بعض جوانب القصور تتمثل فى حداثة التقنية وعدم اكتمال جوانبها تماما، كما أن الكميات الصغيرة المستخدمة فى بعض التحاليل قد لا تعطى الاستجابة الصحيحة.

من أمثلة التحاليل التى يمكن استخدام هذا المختبر المحمول فيها:

- الاكتشاف والتقدير الكمى الفورى للبكتيريا والفيروسات والخلايا السرطانية من خلال تقنية تفاعل البوليميريز المتسلسل (Real-time PCR) أو من خلال الاختبارات المناعية (Immunoassay)
- استخلاص الدنا من الخلايا بطريقة بسيطة.
- إجراء التحاليل باستخدام خلية مفردة.



شكل ١٠ - مختبر زجاجى محمول

(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت بند Public domain)

من المؤكد أنه لن يمر وقت طويل حتى تصبح تقنية المختبرالمحمول جزءا مهمًا من الجهود العالمية لتحسين الصحة من خلال تطوير أجهزة الكشف والتحاليل. فى البلاد التى لا تتوفر بها العناية الصحية الكافية فإن الأمراض المعدية - التى يمكن علاجها بسهولة فى البلاد المتقدمة - تكون قاتلة. فى بعض الحالات تتوفر الأدوية فى المراكز الصحية إلا أن وسيلة تشخيص الأمراض تكون غير متاحة وبالتالى يكون وجود الدواء مثل عدمه، ويعتقد كثير من الباحثين أن تقنية المختبر المحمول سوف تكون مدخلا جيدا لتوفير جيل جديد من أجهزة التشخيص رخيصة وسهلة الاستخدام يمكنها القيام بتحاليل المناعة وتحاليل الأحماض النووية.

ولكى تستخدم تلك الشرائح المختبرية فى الأماكن التى لا تتوافر بها بنية أساسية صحية متطورة فإنه يلزم التغلب على عدد من التحديات، ففى البلاد المتقدمة تكون معايير استخدام أجهزة التحاليل هى السرعة والحساسية والتخصص. ويضاف إلى ذلك فى البلاد الأقل تقدما سهولة إجراء التحاليل والعمر التخزينى للكيماويات المستخدمة فى التحاليل بواسطة تلك الشرائح النانوية التى يجب أن تظل فعالة لشهور طويلة حتى ولو لم تحفظ الشريحة فى أماكن مكيفة.

من المجالات البحثية التى تأخذ كثيرًا من الاهتمام حاليا إمكانية استخدام تلك التقنية الجديدة فى تشخيص مرض الإيدز، فمن المعروف أن عدد المصابين بهذا المرض يقدر بحوالى ٤٠ مليون شخص على مستوى العالم لا يتلقى منهم العلاج الملائم سوى ١,٣ مليون فقط وقد قدر أن حوالى ٩٠٪ من المصابين بالفيروس المسبب للإيدز لم يتم إجراء تحاليل للكشف عن إصابتهم بالمرض نهائيا. إن قياس عدد الخلايا الليمفية من النوع T التى تحتوى على بروتين سطحى يعرف بـ CD4 (تسمى ($CD4^+$ T lymphocyte) فى الدم هو الطريقة الدقيقة لتحديد ما إذا كان الشخص مصابا بالإيدز أم لا ومدى الإصابة إذا كان مصابا فعلا، إلا أن تلك الطريقة للأسف لا تتوفر فى معظم البلاد النامية التى تنتشر بها الإصابة بالإيدز لاحتياجها لأجهزة غالية وفنيين مدربين وبالتالى فإن

التوصل إلى طريقة للكشف عن الإصابة بالإيدز عن طريق المختبر المحمول سوف يكون فتحا طبيا كبيرا كبداية للتخلص من هذا المرض الذى ابتليت به الإنسانية.

ب - الحواس البيولوجية

يمكن تعريف الحساس البيولوجى (Biosensor) بأنه أداة مراقبة إلكترونية تستخدم مواد بيولوجية كخلية بكتيرية كاملة أو إنزيم أو جسم مضاد للكشف عن وجود مواد بيولوجية أو كيميائية فى الجسم أو فى البيئة، أو قياس تغيرات فسيولوجية معينة فى جسم الكائن الحى.

يتركب الحساس البيولوجى من مادة نشطة حيويا مرتبطة ارتباطا وثيقا مع جهاز يقوم بتحويل التغيرالكيموحيوى (هذه التغيرات قد تكون انطلاق طاقة فى صورة ضوء أو تغير فى الرقم الهيدروجينى أو فى الكتلة أو إنتاج مركب كيميائى جديد) إلى إشارة كهربائية يتم تكبيرها وقياسها. وبالتالى فإن الحساس البيولوجى يحتوى على جزئين الأول مستقبل مسئول عن تخصص الحساس البيولوجى أما الثانى فهو جزء كاشف يقوم بنقل التغير الحادث ومرسلا النتائج ممثلة فى الإشارة الكهربائية.

عندما تكون الحواس البيولوجية نانوية القياس فإنها تسمى الحواس النانوية (Nanosensors)، هذه الحواس النانوية يتم اختزال حجمها بإدخال جزيئات غير عضوية شبه موصلة من السليكون تمر الإشارات الكهربائية خلالها ويمكن زراعتها فى الجسم لتعمل كأعضاء حس صناعية ومنظمات لضربات القلب مثلا ومن الأمور المثيرة حقا أن الدائرة الكهربائية يمكن أن يكون عرضها جزيئا واحدا.

أنواع وتطبيقات الحواس النانوية :

هناك العديد من الحواس النانوية التى تم وصفها نظريا إلا أنه لم يتم تصنيع معظمها حتى الآن كما لم يتم التسويق التجارى لما تم إنجازه منها. إلا أنه من المتوقع قريبا حدوث ذلك واستخدامها فى مجالات عديدة ومتنوعة نستعرض عددًا منها فيما يلى:

١ - الوشم النانوى

يحتاج مرضى السكر إلى المتابعة الدائمة لمستوى السكر فى الدم من خلال أخذ عينة من الدم لتحليلها مما يستدعى الوخز المتكرر بالإبر وهو ما يسبب كثيرًا من الإزعاج للمرضى، إلا أنه تم التوصل أخيرا إلى طريقة لمراقبة مستوى السكر فى الدم من خلال وشم ينتج ضوء فلوريسينتى (Fluorescent) يتغير لونه مع تغير مستوى السكر فى الدم.

تم الإعلان فى أوائل عام ٢٠٠٩ عن قيام علماء من معامل درابر (Draper) فى ولاية ماساتشوسيتش بالولايات المتحدة الأمريكية بقيادة هيثركلارك (Heather Clark) بإختراع نوع من الحبر النانوى يستخدم فى عمل وشم على الجلد (Color- Changing Tattoo) يمكن من خلاله مراقبة معدل السكر فى الدم حيث يتغير لون الحبر بتغير تركيز السكر وبالتالى يمكن الاستغناء عن وسائل المراقبة الأخرى التى قد تكون مزعجة وغالية الثمن لمراقبة مستوى السكر فى الدم بصورة منتظمة، هذا الوشم لا يشترط أن يكون كبيرا وقد لا يتعدى حجمه عدة ملليمترات.

فى الحقيقة فإن كلارك وزملاءها لم يخططوا لاختراع هذا الحبر إذ إن المخطط الأصلى كان لحبر نانوى للكشف عن حالة القلب ومراقبة مستوى أيونات الصوديوم فى الدم، ومن الطبيعى أن مراقبة أيون مفرد كالصوديوم يكون أسهل كثيرا من مراقبة جزىء معقد يتكون من ٢٤ ذرة كالجلوكوز إلا أنه وبعد دراسة الأمر مع زملائها قررت كلارك إجراء المحاولة للكشف عن الجلوكوز فى الدم. البداية كانت مع استخدام نظام ثلاثى الأجزاء تم إعداده مسبقا لمراقبة أيونات الصوديوم ومن ثم تم تحويره ليلائم عملية المراقبة للجلوكوز.

حبيبات الحبر النانوية المستخدمة هى كريات دقيقة تبلغ أحجامها حوالى ١٢٠ نانومترًا بداخلها مكونات نظام المراقبة الثلاثى المكون من جزىء مسئول عن اكتشاف الجلوكوز، والصبغة التى تؤدى إلى تغير اللون والثالث جزىء شبيه أو محاكى للجلوكوز. الجزىء المسئول عن اكتشاف الجلوكوز إما أن يتحد بالجلوكوز

أو بالجزىء الشبيه به، فى الحالة الأولى حيث يكون مستوى الجلوكوز مرتفعا يكون اللون الناتج أصفر بينما يتحول إلى اللون الأرجوانى فى الحالة الثانية عندما ينخفض مستوى الجلوكوز فى الدم، وعندما يكون مستوى الجلوكوز طبيعيا فى الدم يكون اللون فى الوشم برتقاليا (لوحة ٣). ومما هو جدير بالذكر أن عملية المراقبة تكون مستمرة وتتكرر كل عدة أجزاء من الثانية. لقد تم اختبار هذا الوشم على الفئران دون حدوث أى آثار جانبية ضارة وبالرغم من ذلك فإن مرضى السكر عليهم الانتظار عامين على الأقل حتى تنتهى مراحل التجريب النهائية وأخذ الموافقات على التسويق التجارى لهذا الاختراع المثير.

ومن الطريف أن الوشم هذا يمكن أن يأخذ أى شكل حسب طلب المريض فقد يأخذ شكل القلب كما فى الشكل التالى، كما يمكن أن يتم وضعه على أى مكان من الجسم كرسغ اليد آخذا شكل الساعة أو أى شكل آخر.

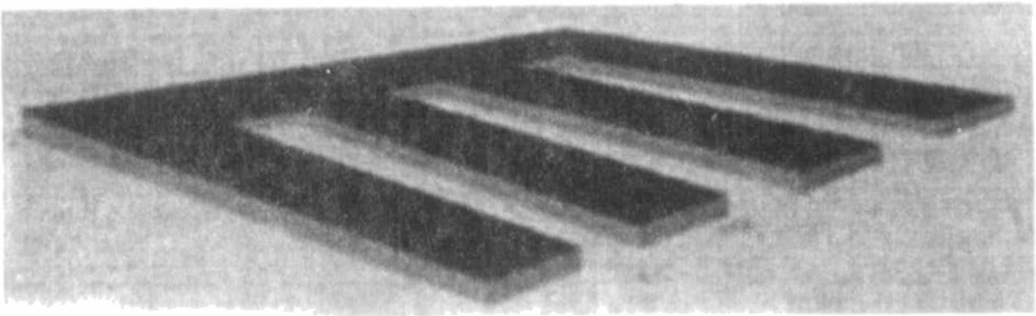
٢ - الروافع النانوية :

تبدو الروافع النانوية (Nanoscale Cantilevers) التى تصنع من السليكون كالألواح الخاصة برياضة الغطس وتتميز بحساسيتها وامتلاكها لتردد ثابت يعتمد على كتلتها وعند حدوث أى إضافة للكتلة فإن الرافعة النانوية تشعر به، وكلما كان الوزن الكلى على الرافعة ثقيلا كان ترددها قليلا والعكس بالعكس.

تستخدم هذه الروافع فى قياس الوحدات التى يبلغ قياسها ٤ ميكرون طولا وواحد ميكرون عرضا وحوالى ٣٠ نانومترًا سمكا وبالتالى فهى حساسة لحدوث أى تغير إضافى فى كتلتها حتى ولو كان حبيبة فيروسية واحدة. يمكن للروافع النانوية أن تغطى بجزيئات قادرة على الارتباط بمواد خاصة مثل تغطيتها بجزء من الدنا المكمل للترتيب الخاص بجين معين، هذه الأجهزة الميكرونية الحجم تشتمل على العديد من الروافع النانوية الحجم يمكنها الكشف عن جزىء مفرد من الدنا أو البروتين.

من المعروف عن الخلايا السرطانية النشطة إفرازها لأنواع محددة من البروتينات يمكنها الارتباط بالأجسام المضادة المكملة لها أى بشكل انتقائى عند

تغطية أذرع الرافعة النانوية بتلك الأجسام المضادة. هذه الأجسام المضادة تم تصميمها لتتمكن من التقاط جزىء أو أكثر من البروتينات المفرزة من الخلايا السرطانية، وعند حدوث ذلك فإن الخواص الفيزيائية للرافعة النانوية تتغير ويتغير معه معدل تردد الرافعة (شكل١١) حيث يمكن للباحثين قراءة هذا التغير ومقداره فورا وبالتالى يمكنهم معرفة وجود أو عدم وجود البروتينات الدالة على وجود الخلايا السرطانية بل وتقدير تركيزها.



شكل ١١ - الشكل العام للرافعة النانوية

٣ـ المناديل الورقية النانوية :

هل يمكن تخيل إمكانية الكشف عن البكتيريا والفيروسات وغيرها من مسببات الأمراض والتلوث البيولوجى باستخدام مناديل التجفيف الورقية؟ هذه التكنولوجيا أمكن التوصل إليها وهى حاليا فى مرحلة التجريب على النطاق المعملى.

تصنع المناديل النانوية (Nanonapkin) من ألياف نانوية لا يتعدى سمكها ١٠٠ نانومتر تغطى بأجسام مضادة متخصصة حيث يتغير لونها عند اتصالها بالميكروب المطلوب معلنة وجوده فى العينة التى يتم الكشف عليها، وقد قام العلماء حتى الآن بتطوير مناديل نانوية للكشف عن بكتيريا القولون إيشريشيا كولاى (E.coli) حيث يتحول لون المنديل إلى اللون الأصفر بمجرد المسح به على السطح الملوث بتلك البكتيريا مما يجعل من الممكن استخدام هذه المناديل النانوية فى تغليف المواد الغذائية خصوصا اللحوم للكشف الفورى لأى تلوث ميكروبى لها بوسيلة سريعة وميسرة للغاية.

بتغيير الأجسام المضادة فى المناديل النانوية فإنه يمكن الكشف عن أى أنواع ميكروبية خصوصا البكتيريا المسببة للجمرة الخبيثة (Anthrax) والفيروسات المسببة لأنفلونزا الطيور ونزلات البرد والزكام. وسوف يصبح من الممكن وضع عدد من الأجسام المضادة المختلفة على نفس المنديل للكشف مرة واحدة عن مقابلها من مسببات الأمراض.

٤ ـ حساس الأنابيب النانوية :

قامت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) بثورة فى عالم تصنيع الحواس البيولوجية بتصنيع ذلك الحساس النانوى الذى لديه المقدرة على الكشف عن مسببات الأمراض من بكتيريا وفيروسات وحيوانات أولية (بروتوزوا) حتى عند وجودها بتركيزات قليلة جدا لاستخدامه أثناء رحلات الفضاء مع إمكانية استخدامه أيضا خارج نطاق الوكالة للمساعدة فى منع انتشار الميكروبات المميتة فى الماء والغذاء والمصادر البيئية الأخرى. لقد كانت إحدى الخصائص التى تم من أجلها التخطيط لتصنيع هذا الحساس النانوى هو قدرته فى الكشف عن وجود الكائنات الدقيقة الشائعة والنادرة على السواء. يتكون هذا الحساس البيولوجى من ملايين الأنابيب الكربونية النانوية المرتبة فى شريحة صغيرة للغاية تنتج إشارة كهربائية عند وجود الميكروب عن طريقها يمكن معرفة نوع وتركيز الميكروب.

عند بدء تطبيق تلك التقنية تجاريا فإنه من المتوقع استخدامها فى مجالات كثيرة متنوعة كاستخدامها على خطوط الطيران وفى مصانع الأغذية والمشروبات وفى محطات تنقية المياه والمستشفيات وغيرها، وبذلك يمكن استخدامها كإنذار مبكر تجاه الأمراض والمخاطر المسببة عن الكائنات الدقيقة المنتشرة فى حياتنا والتى غالبا لا يتم اكتشافها إلا بعد ظهور أعراض المرض على البعض أو وفاة البعض الآخر.

٥ ـ حساس نانوى للكشف عن السالمونيللا:

من المعروف عن البكتيريا التى تنتمى إلى الجنس سالمونيللا (*Salmonella*) أنها أكثر أسباب التسمم الغذائى المؤدى للوفاة، كما أنها المسئولة عن ملايين

الحالات المرضية بطول العالم وعرضه نتيجة لتناول الأغذية الملوثة. إن مصدر التلوث بهذه البكتيريا الممرضة هو البيض غير المطهى أو المطهى بشكل غير جيد وكذلك اللحوم غير المطهية جيدا ومنتجات الألبان والمأكولات البحرية Sea-food) والخضراوات والفواكه وباختصار كل شىء يمكن للإنسان تناوله، لذا فإن الكشف المبكر عن تلك البكتيريا وغيرها من ملوثات الغذاء يعتبر أحد الأهداف الرئيسية للقائمين على أمان الغذاء وجودته.

تتوفر العديد من الطرق للكشف عن السالمونيللا منها تفاعل البلمرة المتسلسل (Polymerase Chain Reaction, PCR) ، وطريقة الأجسام المضادة الفلوريسينتية (Fluorescent antibody)[١] وطريقة الإنزيم المرتبط للجسم المضاد ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent)[٢] إلا أن التحدى فى هذا المجال يكون فى السرعة والدقة فى الكشف عنها حيث إن هذه الطرق المتاحة حاليا مكلفة ماديا وبطيئة حيث يحتاج الاختبار إلى قرابة خمسة أيام من العمل الشاق للحصول على النتيجة بعد المرور فى خطوات الإكثار والتأكد من نوع الميكروب.

ومما هو جدير بالذكر أن طريقة الأجسام المضادة الفلوريسينتية توفر نسبيا فى الوقت والجهد إلا أن نجاحها يعتمد على وجود أعداد كبيرة من الخلايا البكتيرية فى العينة المطلوب الكشف عليها حتى يمكن إنتاج وملاحظة الإشارة الضوئية وهذا يعنى ضرورة أن يمر الاختبار بخطوة الإكثار أيضا.

لقد أدى التطور فى مجال النانوتكنولوجى إلى تطوير حساس بيولوجى له مقدرة عالية فى الكشف عن البكتيريا الممرضة الملوثة للأغذية المختلفة وفعالا كذلك فى الكشف عن الفيروسات والسموم البروتينية. يتكون هذا الحساس النانوى من قضيب من السليكون (أو الذهب) محمل عليه الأجسام المضادة الخاصة بالسالمونيللا وجزيئات من أصباغ عضوية تنتج ضوءًا أخضر فلوريسينتيًا عند التصاق القضيب بخلايا السالمونيللا. وككل الحواس النانوية فإنه لم يتم تسويق هذا الحساس النانوى تجاريا بعد.

٦ـ حساس حبيبات الذهب النانوية :

كما نعلم فإن حبيبات الذهب النانوية تتراوح أحجامها بين ١ و ١٠٠ نانومتر وهى بذلك تتشابه مع العديد من المكونات الخلوية كالدنا مثلا، كما أن هذه الحبيبات تظهر عددًا من الخصائص الضوئية والكهربائية. والمعادن بشكل عام (كالذهب فى تلك الحبيبات النانوية) تعتبر موصلات جيدة، ويعزى ذلك إلى قيام إلكتروناتها بتكوين مايشبه السحابة المتحركة حول الذرات بدلا من الارتباط بالذرات المفردة ويسمح تحرك تلك السحابة الإلكترونية بانتقال الشحنات (الإلكترونات) بسهولة. كما تتميز المعادن أيضا بلمعانها نتيجة لانعكاس الضوء من أسطحها إلى العين بسبب وجود تلك السحابة الإلكترونية حول ذرات المعدن التى تمنع امتصاص وحدات الضوء المسماة بالفوتونات إلى قلب الذرات. وبالتالى تنعكس تلك الفوتونات إلى العين مما يسبب اللمعان المعدنى.

تخبرنا ميكانيكا الكم أن الإلكترونات يمكن أن تأخذ سلوك الموجات أو الحبيبات، وإذا تخيلنا الإلكترونات فى السحابة الإلكترونية كموجات لها طاقة محددة فإنه يمكن تصور الوضع عند امتصاصها لضوء ذى طول موجى محدد حيث يؤدى ذلك إلى حدوث رنين شبيه بما يحدث للآلات الوترية عند حدوث ذبذبات على طول أوتارها أو على جزء منها.

عند امتصاص المعدن لضوء ذى طول موجى رنان فإنه يسبب تذبذب السحابة الإلكترونية وتشتت الطاقة على سطح المادة وهو مايسمى رنين البلازمون السطحى (Surface Plasmon Resonance). يعنى ذلك أن هناك أطوالاً موجية معينة لا يتسبب عنها انعكاس الفوتونات عن المعدن ولكن امتصاصها وتحولها إلى رنين بلازمون سطحى أى إلى اهتزاز السحابة الإلكترونية (Electron Cloud Vibrations) بالنسبة للمعادن العادية كالذهب فإن هذه الأطوال الموجية تقع فى المنطقة تحت الحمراء الطول الموجى أكثر من ٨٠٠ نانومتر).

بالنسبة للحبيبات النانوية التى تمتلك نسبة عالية من الذرات السطحية فإن مساحة السطح فيها بالنسبة للحجم تقدر تقريبا بمليونى ضعف النسبة فى قرط من الذهب مما يؤدى إلى زيادة فعالية رنين البلازمون السطحى. هذه الحبيبات النانوية يمكن أن تواجه رنين البلازمون السطحى فى الجزء المرئى من الضوء، وهذا يعنى أن جزءاً من الأطوال الموجية المرئية سوف يمتص فى حين ينعكس الجزء الآخر الذى يمنح المادة لونها، فالحبيبات النانوية الصغيرة تمتص الضوء الأخضر المزرق (الطول الموجى يتراوح بين ٤٠٠ و ٥٠٠ نانومتر) وتعكس الضوء الأحمر (الطول الموجى حوالى ٧٠٠ نانومتر) وبالتالى تنتج ضوءًا أحمر غامقًا. بزيادة حجم الحبيبات النانوية فإن الطول الموجى لرنين البلازمون السطحى يتم إزاحته إلى الضوء الأحمر أى يتم امتصاص الضوء الأحمر وانعكاس الضوء. الأزرق منتجا حبيبات زرقاء أو أرجوانية اللون، ومع زيادة حجم الحبيبات النانوية لتقترب من الحجم الطبيعى فى المعادن تتحول الأطوال الموجية لرنين البلازمون السطحى إلى المنطقة تحت الحمراء حيث ينعكس معظم الضوء المرئى وتظهر الحبيبات نصف شفافة.

تلك الخصائص المميزة للحبيبات النانوية جعلت من الممكن استغلالها كحواس نانوية فى عدد من التطبيقات الحياتية والبحثية حيث تبدو حبيبات الذهب النانوية الصغيرة المفردة حمراء اللون إلا أنها عندما تتجمع فإن رنين البلازمون السطحى يتحد ويجعل الحبيبات تبدو كحبيبة كبيرة بدلا من كونها حبيبات منفصلة، ويؤدى ذلك إلى تغير امتصاص الرنين البلازمونى من الأزرق إلى الأحمر ويتم إزاحة الضوء المنعكس من الأحمر إلى الأزرق.

من أكثر التطبيقات شيوعا لاستخدام حبيبات الذهب النانوية كحواس نانوية استخدامها فى إحدى طرق الكشف عن الحمل فى البول الذى يمكن إجراؤه منزليا حيث يتم استخدام تجمع حبيبات الذهب النانوية لإنتاج استجابة لونية يمكن ملاحظتها. فى هذه الطريقة يتم ربط حبيبات الذهب النانوية التى يقل حجمها عن ٥٠ نانومترًا إلى أجسام مضادة ذات تركيب فراغى يتكامل مع الهرمون الذى يتكون عند الحمل، كما يتضمن التفاعل وجود كريات ميكرونية

مطاطية يبلغ حجمها حوالى ٥٠٠ ميكرون ترتبط أيضا بالأجسام المضادة (شكل ٢٥) فى حالة وجود هرمون الحمل فى عينة البول (Human Chorionic Gon-adotropin Hormone (hCG). فإنه يرتبط بالحبيبات النانوية والكريات الميكرونية مما يسبب تجمع الحبيبات النانوية وإنتاج لون واضح.

كما أمكن استخدام حبيبات الذهب النانوية كحساس بيولوجى للكشف عن الدنا. حيث يتم البدء بتجمعات كبيرة من الحبيبات النانوية الزرقاء اللون المرتبط بها ترتيب معين من القواعد النيتروجينية كمجسات، وعند وجود القواعد النيتروجينية المكملة للدنا المطلوب فإن الحبيبات النانوية ترتبط بها وتتكامل معها مما يؤدى إلى ذوبان التجمعات وتحول اللون إلى الأحمر.

وفى جامعة شيراز الإيرانية قام فريق بحثى بقيادة مرجان مجد ينسب عام 2008 باستغلال حبيبات الذهب النانوية لتصميم حساس نانوى للكشف عن السالمونيلا (مرجع رقم ٣٤) وفيه تم ربط حبيبات الذهب النانوية (قطرها ٢٠ نانومترًا) بمجس دنا مكمل لترتيب القواعد النيتروجينية لأحد جينات الأمراض فى هذه البكتيريا (invA gene of *Salmonella*) وعند حدوث التهجين أو الارتباط بين المجس المرتبط لحبيبات الذهب النانوية والجين يحدث تجمع للحبيبات النانوية ويتغير لونها من الأحمر إلى الأزرق وبالتالى يمكن الكشف بسرعة وسهولة عن السالمونيلا.

٧- حساس الكوانتم دوت النانوى:

قام فريق بحثى من جامعة جون هوبكنز (Johns Hopkins) بولاية مريلاند الأمريكية بقيادة جيف تزاهوى وانج (Jeff Tza-Huei Wang) بتطويرحساس نانوى للكشف عن ترتيب معين من الدنا بجعله متوهجًا مما يسهل من عملية الكشف عنه تحت المجهر . يتكون هذا الحساس من بللورات شبه موصلة دقيقة هى الكوانتم دوت ومجسات بيولوجية وشعاع من الليزر. وقد أثبت الباحثون نجاح هذه الطريقة - التى يمكن أن تستخدم فى البحوث الطبية - معمليا حتى الآن فى الكشف عن تتابع من الدنا يحتوى على طفرة متصلة بسرطان المبيض.

تم استغلال إحدى الخصائص المهمة للكوانتم دوت وهى قدرتها على نقل الطاقة بسهولة، حيث تمر الطاقة الناتجة من تعرض إحداها لشعاع الليزر إلى الجزىء القريب الذى يصدر وهجًا فلوريسينتيًا يمكن اكتشافه بالمجهر. بالإضافة للكوانتم دوت فقد استخدم الباحثون نوعين من المجسات (المجس هو تتابع قصير من DNA مفرد الشريط (المكونة من الدنا المصنع يمتلكان ترتيبًا مكملاً لترتيب الدنا المطلوب ويرتبط بكل منهما جزىء مميز له، فالأول يرتبط بجزىء من صبغة السيانين يسمى Cy 5 يتوهج عند تعرضه لمصدر الطاقة باعثا ضوءًا أحمر طوله الموجى نانومتر. أما المجس الآخر فيرتبط بجزىء من البيوتين(٣) الملتصق به جزىء آخر يسمى ستربتافيدين (Streptavidin) يغطى سطح الكوانتم دوت.

قام الباحثون بخلط المجسين مع الكوانتم دوت فى طبق بترى به محلول يحتوى على الدنا المطلوب الكشف عنه وترك الخليط فترة كافية ثم فحص ماحدث. فى البداية تم الارتباط بين كل من المجسين وشرائط الدنا المستهدف وجعله بينهما بشكل يشبه الساندويتش، ثم أدى وجود البيوتين فى أحد المجسين إلى التصاق الارتباط السابق بسطح الكوانتم دوت، فى النهاية وعند تعريض التركيب كله لشعاع الليزر فإن الطاقة يتم نقلها إلى جزيئات Cy 5 المتصلة بالمجس الآخر حيث تقوم بإطلاق الطاقة على هيئة الضوء الفلوريسينتى (لوحة ٤). فى حالة عدم وجود الدنا المستهدف فى المحلول فإن العناصر الأربعة (الدنا المستهدف والكوانتم دوت والمجسين) لا ترتبط معا وبالتالى لا ينطلق الضوء. ومما هو جدير بالذكر أن الكوانتم دوت الواحد يمكنه الإتصال بحوالى ٦٠ ترتيب من الدنا مما يجعل الإضاءة الناتجة أكثر توهجا وأسهل اكتشافا.

٨ - البكتيريا كحساس بيولوجى:

كثيرا ماتواجه المجتمعات أخطارا بيئية نتيجة الشكوك فى تراكم المواد الملوثة أو السامة كالمواد الهيدروكربونية والعناصر الثقيلة وغيرها فى بيئة ما مما يستدعى التدخل لإنقاذ تلك البيئة وتنظيفها، والخطوة الأولى هو الكشف عن

وجود تلك المواد وتقدير كمياتها ويتم ذلك تقليديا بالتقدير الكمى لتلك الملوثات فى عينة من عنصر البيئة المشكوك فى تلوثه كالتربة أو الماء مثلا، إلا أن سمية تلك المواد لا ترتبط بمجرد وجودها ولكن الأهم هو إمكانية استغلالها بواسطة الأنظمة الحيوية المختلفة، ولقد تم التوصل إلى طريقة لاستخدام البكتيريا فى الكشف عن تلك المواد أى استخدامها كحساس بيولوجى.

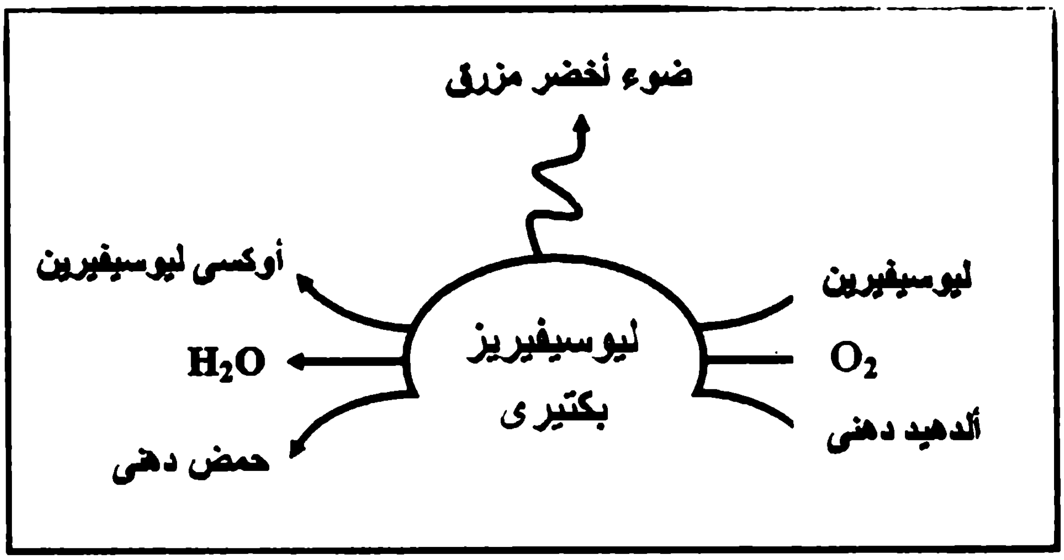
لإعداد البكتيريا كحساس بيولوجى فإنه يتم هندستها وراثيا كى تنتج استجابات فى صورة إشارات يمكن قياسها - كالإشارات الضوئية - استجابة لوجود مركب كيميائى معين فى البيئة (لوحة ٥). هذه الطريقة تعتبر بديلا مقبولا لطرق التقدير المباشر حيث إن الحساس البيولوجى البكتيرى يمكنه الكشف عن الأجزاء المتاحة حيويا فى المركبات الملوثة حتى لو كان وجودها بتركيزات جزيئية نانوية، وبالرغم من أن معظم الحواس البكتيرية مازال قيد التجريب المعملى إلا أن التقارير التى تخرج منها تبشر بنجاحها.

الخلايا البكتيرية المستخدمة كحساس بيولوجى تحتوى على جين حساس للمادة الملوثة (Contaminant-Sensing Gene) قادر على الكشف عن أى تغير كيميائى أو فيزيائى نتيجة لوجود الملوث ومرتبط بجين آخر يسمى الجين المخبر (Gene Reporter) يتحكم فى إنتاج الاستجابة (الضوء مثلا) التى تتناسب شدتها مع تركيز المادة الملوثة. وعند تعرض الحساس البيولوجى للتغير الناتج من وجود الملوث فإن ذلك يستحث الجين المخبرلإنتاج الاستجابة.

يقود الجين المخبر الميكانيكية المنتجة للاستجابة الخلوية وهو الذى يحدد حساسية وحدود المادة الملوثة التى يمكن للخلية البكتيرية المعدلة وراثيا اكتشافها. وبالتالى فإن هذا الجين يجب أن يتميز بخصائص معينة منها إمكانية قياس الاستجابة الناتجة عن نشاطه بسهولة ويسر على أن تعكس تلك الاستجابة مقدار التغير الكيميائى أو التغير الفيزيائى نتيجة لوجود المادة الملوثة. بالإضافة إلى ذلك فإن الحساس البيولوجى البكتيرى يجب أن يخلو من أى جينات تنتج استجابات شبيهة بتلك الناتجة عن نشاط الجين المخبر.

وهناك العديد من الجينات المخبرة التى تمتلك الخصائص المطلوبة والتى يمكن استخدامها، إلا أن أكثرها استعمالا فى الحواس البيولوجية البكتيرية هو الجين المعزول من ذبابة النار (Firefly) والذى يسمى أوبيرون الليوسيفيريز (Lucoperon) (٤). هذا الجين المخبر ينتج إنزيمًا يسمى ليوسيفيريز(Luciferase قادرًا على توليد الإضاءة التى تتميز بها هذه الحشرة.

تحدث الإضاءة من خلال تفاعل كيميائى يحدث فى الكائنات المضيئة. ويحتاج هذا التفاعل الكيميائى إلى مادتين الأولى هى الليوسيفيرين (Luciferin) والأخرى هى إنزيم لوسيفيريز. اللوسيفيرينات المشتق تسميتها من اللفظ اللاتينى ليوسيفر (Lucifer) بمعنى محضر الضوء هى صبغات بيولوجية باعثة للضوء توجد فى الكائنات المضيئة وتتباين فى تركيبها الكيميائى من كائن إلى آخر فليوسيفيرين البكتيريا على سبيل المثال هو فوسفات الريبوفلافين المختزل (FMNH2) يتأكسد الليوسيفيرين فى وجود ألدهيد ذى سلسلة طويلة والأكسجين وإنزيم ليوسيفيريز منتجا مشتق منه يسمى أوكسى لوسيفيرين (Ox-ylucife rin) وطاقة على هيئة ضوء يمكن قياس شدته من خلال أجهزة خاصة كما يتضح من الرسم التخطيطى شكل ١٢.



شكل ١٢ - دور إنزيم ليوسيفيريز فى إنتاج الضوء

الفصل السادس

المحاكاة الحيوية

المحاكاة الحيوية (Biomimetics) هى محاولة تقليد الأنظمة البيولوجية الطبيعية واستخدامها فى نظم وتطبيقات تجارية يعتمد تصميمها على بعض الظواهر البيولوجية المعروفة فى الكائنات الحية. فى هذا الفصل سوف نتناول بالتفصيل كيفية محاكاة بعض الظواهر الطبيعية المرتبطة بتركيبات نانوية واستغلالها فى تطبيقات حياتية وتجارية مثل محاكاة أوراق نبات اللوتس التى لا تتسخ أبدا ولا يلتصق بها الأتربة والقاذورات وهو مايعرف بتأثير اللوتس. ومن أمثلة المحاكاة الحيوية التى سيتم مناقشتها هنا أيضا استغلال التركيبات النانوية التى تشبه الأزهار عند فحصها ميكروسكوبيا والتى يتم إنتاجها معمليا فى عدد لا بأس به من التطبيقات ذات الصبغة التجارية مثل إنتاج الحواس النانوية للكشف عن مستوى الكحول فى الدم وفى تحسين كفاءة البطاريات وفى إنتاج الخلايا الشمسية المحسنة.

١ - تأثير اللوتس: (Lotus Effect)

أحد أشهر الأمثلة المعروفة فى مجال المحاكاة الحيوية هو مايعرف بتأثير اللوتس الذى نشأ من ملاحظة فريدة لأوراق نبات اللوتس مفادها عدم ابتلالها بقطيرات الماء الساقطة عليها مهما كانت كميات المياه بل إن تلك القطيرات

الكروية الشكل تنزلق أو تتدحرج عليها آخذة معها الأتربة والملوثات الأخرى مما يجعل تلك الأوراق نظيفة دائما (شكل١٣) ولذا قدسها قدماء المصريين.

لقد لفتت ظاهرة التنظيف الذاتى هذه نظر علماء النبات وقام البعض منهم بدراستها ومحاولة محاكاتها فى تطبيقات تجارية كالأقمشة المقاومة للاتساخ والزجاج والمبانى ذاتية التنظيف . فى عام ١٩٩٧ سجل عالم النبات الألمانى ويلهيلم بارثلوت (Wilhelm Barthlott) براءة اختراع عن ظاهرة التنظيف الذاتى التى استلهمها من تأثير اللوتس.

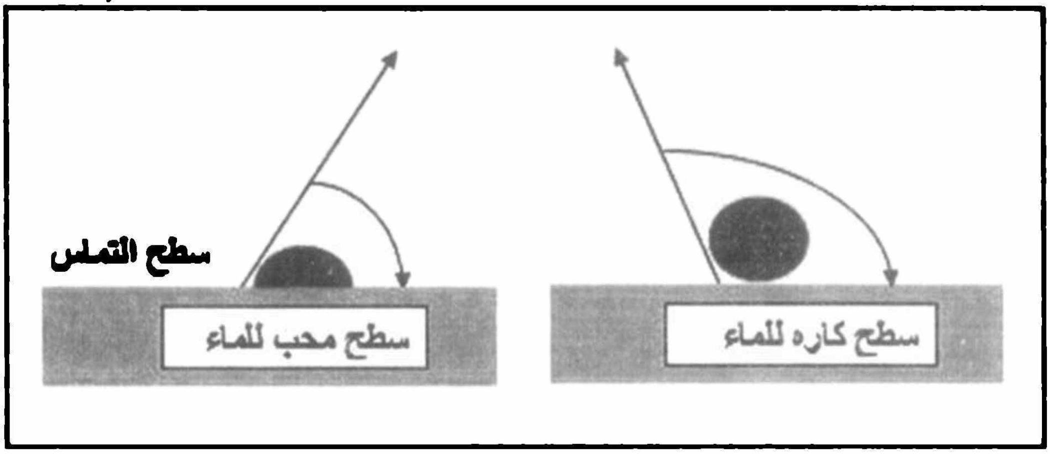
شكل ١٣ - صورة ورقة نبات اللوتس يظهر فيها تدحرج القطيرات المائية على سطحها (الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها تحت بند

(GNU Free Documentation License

(Original uploader: Ralf Pfeifer at en. wikipedia)

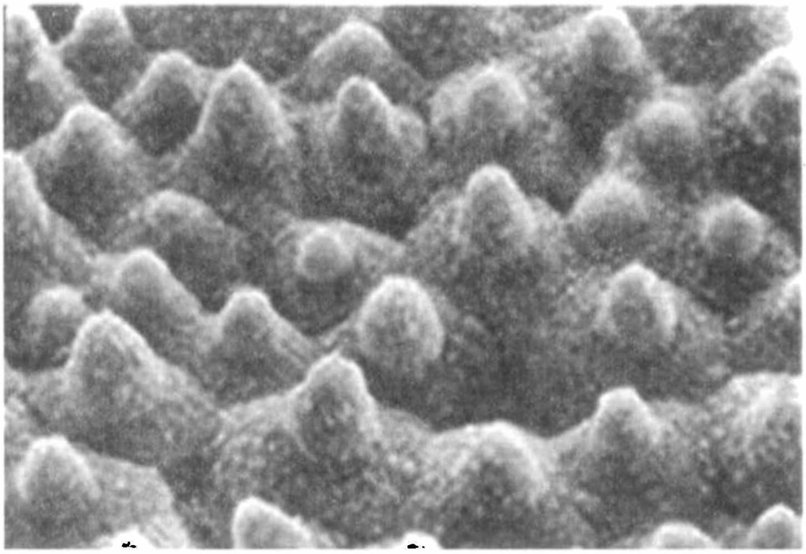
ويلهيلم بارثلوت (١٩٤٦ -)

لقد أدرك بارثلوت أن تأثير اللوتس هذا يحدث نتيجة للأثر التجميعى لوجود طبقة شمعية مع نتوءات ميكروسكوبية ميكرونية القياس على سطح أوراق ذلك النبات ,ومن أساسيات الفيزياء عرف أن الطبقة الشمعية تجعل أوراق نبات اللوتس كارهة للماء حيث تقلل من مساحة تماس القطيرات المائية مع سطح الورقة وتكون زاوية التماس أكثر من ٩٠ المقارنة مع مساحة تماس تلك القطيرات مع الأسطح المحبة للماء التى تكون زاوية التماس فيها حوالى ٤٠، كما فهم من هذه الظاهرة ضرورة تواجد نتوءات أخرى تزيد من درجة كراهية أوراق اللوتس للماء وتجعل زاوية تماس قطيرات الماء مع سطح هذه الأوراق تزيد على ١٥٠ حيث تكون قطيرات الماء كروية تقريبا ذات سطح تماس قليل جدا مما يؤدى إلى تدحرجها على سطح الورقة (شكل ١٤)



شكل ١٤ - الاختلاف الكبير فى زاوية تماس قطيرات الماء مع كل من الأسطح الكارهة والمحبة للماء

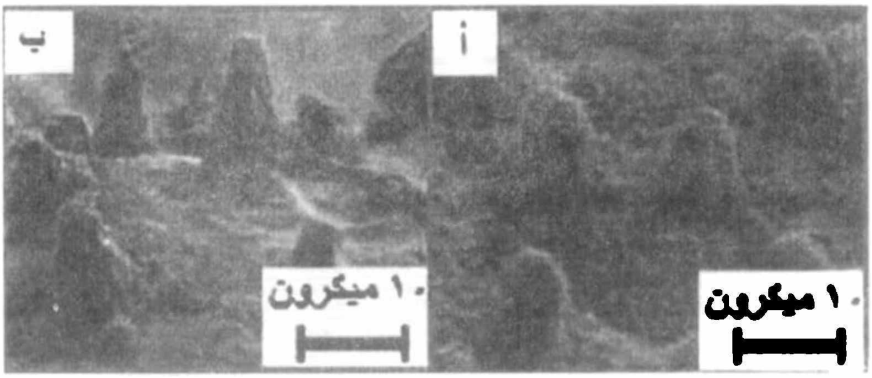
فى محاولة لفهم ظاهرة التنظيف الذاتى قام فريق بحثى أمريكى من جامعة ميتشجان بقيادة يانج تشينج (Yang Cheng) بدراسة دقيقة لأوراق نبات اللوتس وإعداد نماذج نظرية لها وتبين لهم أن هذه الأوراق يوجد عليها بالإضافة للطبقة الشمعية نوعان من التركيبات: النوع الأول عبارة عن نتوءات ميكرونية القياس والأخرى تركيبات شعرية نانوية القياس مرتبطة بالتركيبات الشمعية.



شكل ١٥ - التركيبات الميكرونية (البارزة) والنانوية (السطحية) على سطح ورقة اللوتس كما تظهر من خلال الفحص بالمجهر الإلكترونى الماسح
(الصورة منقولة من بحث تشينج ورودك مرجع رقم ١٢ بتصريح من الناشر American Institute of Physics ومن الباحث الأول الدكتور يانج - تسى تشينج)
(Copyright © 2005 American Institute of Physics)

لاحظ الفريق البحثى سلوك قطيرات الماء على قالب من الشمع الناعم على سطح زجاجى، كما تم دراسة دور كل من التركيبين فى ظاهرة التنظيف الذاتى وتبين لهم أهمية وجود النوعين من التركيبات.

تضمنت الدراسة معاملة أوراق اللوتس بالحرارة ثم التبريد البطىء وهو مايعرف بالتلدين (Annealing) مما أدى إلى إنصهار التركيبات النانوية فى الوقت الذى لم تتأثر فيه التركيبات الميكرونية والشمعية (شكل.١٦)، وقد تم قياس زاوية تماس القطيرات المائية مع سطح الأوراق المعاملة فوجد أنها تكون حوالى ١٢٦° بالمقارنة مع ١٤٢° للأوراق غير المعاملة أى أن وجود التركيبات النانوية هو المسئول عن إضافة ١٦° لزاوية التماس وهو المسئول الرئيسى عن تدحرج قطيرات الماء على سطح أوراق نبات اللوتس أى عن ظاهرة التنظيف الذاتى أو تأثير اللوتس.



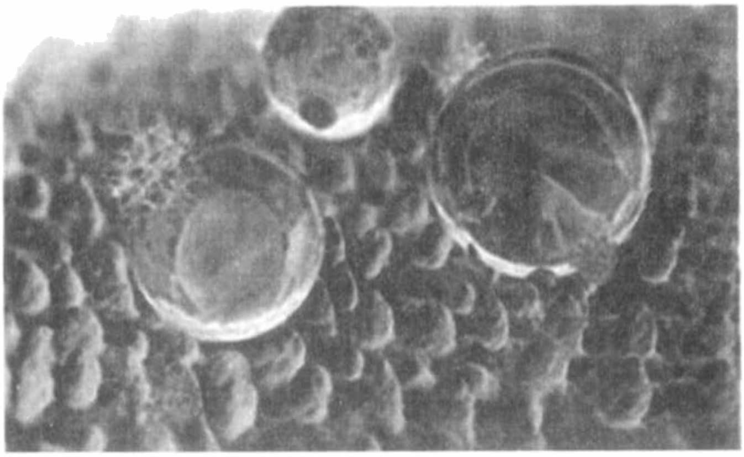
شكل ١٦ - صورة بالمجهر الإلكترونى الماسح لسطح ورقة نبات اللوتس
أ- ورقة لوتس غير معاملة يظهر بها التركيبات الميكرونية والنانوية
ب- انصهار التركيبات النانوية بعد التلدين
(الصورة منقولة من بحث تشينج وآخرين مرجع رقم ١٣ بتصريح من الناشر Nanotechnology
ومن الباحث الأول الدكتور يانج - تسى تشينج)

أ- ورقة لوتس غير معاملة يظهر بها التركيبات الميكرونية والنانوية

ب ـ انصهار التركيبات النانوية بعد التلدين

تكنولوجيا التنظيف الذاتى النانوية:

هناك الآلاف من المنازل يتم حاليا دهانها بالبويات ذاتية التنظيف، بالإضافة إلى قرب التسويق التجارى للأقمشة ذاتية التنظيف والزجاج ذاتى التنظيف. هذه التطبيقات تستلهم تأثير اللوتس السابق الإشارة إليه حيث تحول النتوءات النانوية والأخرى الميكرونية سطح أوراق النبات الشمعى إلى سطح كاره للماء يعمل على تدحرج أو انزلاق قطيرات الماء عليه مزيلا الأتربة والملوثات الأخرى (شكل ١٧).



شكل ١٧ - رسم بالكمبيوتر (جرافيك) يوضح تأثير اللوتس
(تدحرج قطيرات الماء على ورقة نبات اللوتس)
(الرسم منقول من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" بتصريح من ويليام ثيليك
(Photo by William Thielicke)

لويلهيلم بارثلوت مكتشف ومطور تأثير اللوتس رؤية بخصوص إمكانية التنظيف الذاتى لناطحات السحاب حيث إن القليل من مياه الأمطار تكفى لغسيل زجاجها وجدرانها إذا تم تطبيق تلك الظاهرة على مبانيها، نفس الظاهرة يمكن تطبيقها على الخيام والسرادقات التى يمكن صناعتها من الأقمشة ذاتية التنظيف.

لقد انتقلت هذه الفكرة إلى علماء آخرين .ففى اليابان يرى العلماء أنه بالإمكان تطوير حوائط الحمامات والمستشفيات لتصبح مقاومة للروائح الكريهة، كما أنه من المتصور صناعة المرايا التى لا يتراكم عليها بخار الماء لاستخدامها فى الحمامات. بالإضافة إلى ذلك فهناك الآن أفكار لصناعة القمصان والبلوزات والبنطلونات التى لا تتأثر بما يتناثر عليها من أطعمة كالكاتشاب والمستردة والمشروبات الملونة كالكولا والقهوة والنبيذ وغيرها. وإجمالا يمكن القول بأن هناك ثورة فى عالم الأسطح ذاتية التنظيف نحن بصدد استقبال منتجاتها.

التنظيف الذاتى للصوف:

يتكون الصوف كيميائيا من بروتينات تسمى الكيراتينات تستخدم بكثرة فى صناعة الملبوسات بالرغم من صعوبة تنظيفها وتلفها بسهولة بتكرار الغسيل بالطرق التقليدية. وقد قام الدكتور وليد داوود من جامعة موناش فى أستراليا (Monash University) وزملاؤه بإعداد أقمشة صوفية يدخل فى تركيبها حبيبات نانوية من ثانى أكسيد التيتانيوم (TiO2) وهى صبغة تتحلل ومعها الملوثات الملتصقة بها عند التعرض للضوء (أى أنها لا تحتاج فى تنظيفها إلا لمجرد التعرض للضوء.

كما قام الباحثون فى تجربة أخرى بتلوين قطعة من النسيج بالنبيذ الأحمر وبعد ٢٠ساعة من تعريضها للشمس لم يتم اكتشاف أى آثار للون الأحمر فى الوقت الذى ظلت فيه القطعة غير المعاملة ملونة . ومما هو جدير بالذكر أن تلك الصبغة ليست سامة ومن الممكن ربطها بشكل دائم إلى الألياف مع عدم تغير صفاتها.

الزجاج ذاتى التنظيف:

بعد أعوام من العمل والبحث توصلت شركة إنجليزية لتصنيع الزجاج تسمى بيلكنجتون (Pilkington) إلى إنتاج زجاج يتمتع بخاصية التنظيف الذاتى أو تأثير اللوتس أى يصبح كارها للماء بإضافة طبقة رقيقة للغاية من حبيبات ثانى أكسيد التيتانيوم النانوية إلى سطح ذلك الزجاج والنتيجة كون الزجاج نظيفا دائما بمجرد تعرضه للقليل من الماء سواء كان مطرا أو غيره . وسوف يؤدى ذلك مستقبلا إلى الاستغناء عن مساحة الزجاج فى السيارات.

المبانى ذاتية التنظيف:

جينيس نانو (Genes Nano) هو طلاء مائى يحتوى على ثانى أكسيد التيتانيوم يستخدم لطلاء المبانى القائمة أو التى تحت الإنشاء، وعند تعرض ذلك الطلاء لضوء الشمس فإنه ينشط ويقوم بواحدة أو أكثر مما يلى:

- المحافظة على مظهر المبنى نظيفا لسنوات عديدة.
- حماية الأسطح من التراب ومن الأمطار الحامضية ومن تأثير الملوثات الهوائية كعوادم السيارات.
- تقليل الطاقة اللازمة لتبريد المبانى فى الصيف.
- منع أو تقليل نمو الطحالب والعفن الفطرى.
- امتصاص الأشعة فوق البنفسجية وحماية المبانى من تأثيرها الضار.

تكنولوجيا مقاومة الاتساخ والتنظيف الذاتى النانوية:

إن التركيب النانوى الخاص بأوراق اللوتس هو الذى يعطيها تلك الخاصية الإعجازية للتنظيف الذاتى، ونتيجة للتطور فى إنتاج المواد النانوية فقد أصبح استخدام تلك المواد فى طلاء الأسطح حقيقة واقعة فبتطعيم تلك المواد النانوية مع الطلاء ينشأ تركيب نانوى على سطح ذلك الطلاء يحوله إلى سطح كاره للماء والزيت.

هذه التركيبات النانوية للطلاء تستطيع جذب حبيبات الأوساخ بقوى الادمصاص الهيدروستاتيكية وهذا هو السبب فى انجذاب التراب إلى المبانى واتساخها به، إلا أنه مع نزول الأمطار تنشأ تجاذبات تبادلية جديدة بين قطيرات ماء المطر وحبيبات التراب فيقوم الطلاء النانوى بطردهما معًا .

فى البداية يتم تنشيط الطلاء النانوى بفعل الأشعة فوق البنفسجية، وهذه العملية التى تسمى التنشيط الضوئى (Photocatalysis) تحتاج لتعرض الطلاء للضوء لفترة تتراوح بين خمسة وسبعة أيام، وعند سقوط الأمطار ينشأ تأثير كاره للماء يقوم بنشر الماء بطريقة متساوية على السطح طاردا معه الأوساخ وبسرعة فائقة تجف تلك المياه دون أن تخلف أى آثار وراءها.

ب ـ الأزهار النانوية: (Nanoflowers)

يقصد بالأزهار النانوية التركيبات النانوية التى تأخذ شكل الأزهار عند فحصها بالمجهر الإلكترونى والتى يطلق عليها الأشجار النانوية عندما تأخذ

الشكل الشجيرى. تتوفر الآن عدة طرق للحصول على هذه الأزهار النانوية إلا أن أكثرها أهمية هى الطريقة التى تتضمن تسخين عنصر الجاليوم وإمرار غاز الميثان عليه تحت ظروف متحكم فيها من الضغط والحرارة والتركيبات التى تنشأ عن هذه الطريقة تتكون من كربيد السليكون.

وكما نعلم جميعا فلكى نحصل على الأزهار لابد من قيام الزارع أو البستانى بإحضار البذور ووضعها فى التربة التى تحتوى على الاحتياجات الغذائية اللازمة للإنبات وانتظار أسابيع أو شهورًا حتى يزهر النبات ومن ثم يتم قطف الأزهار الناتجة، ولقد توصل العلماء إلى طريقة لتشييد أزهار وبوكيهات نانوية القياس كانت البذور فيها هى الحبيبات النانوية والاحتياجات الغذائية عبارة عن خليط من الغازات أما البستانى فكان عالم النانوتكنولوجى.

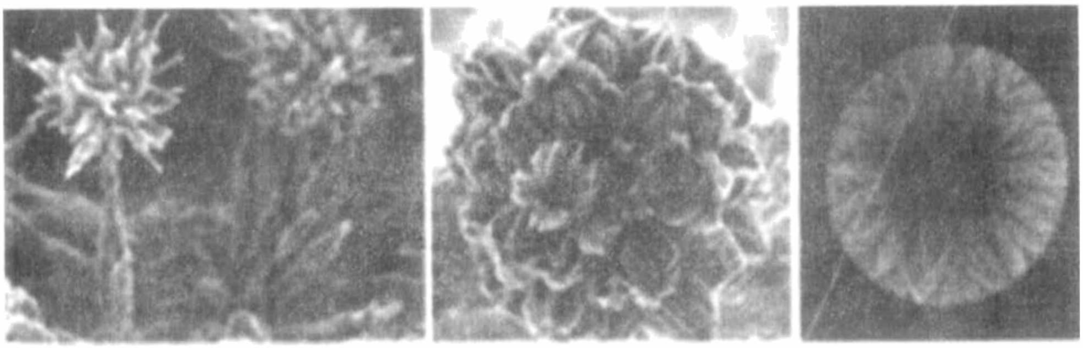
تم الحصول على الأزهار النانوية فى البداية فى معامل مركز الأحجام النانوية (University of Cambridge's Nanosize Centre) بجامعة كمبريدج فى إنجلترا عندما تمكنت إحدى طالبات الدراسات العليا من سنغافورة تدعى غيم وى هو (Ghim Wei Ho) تحت إشراف أستاذها مارك ويلاند (Mark Welland) من الحصول على سلك نانوى القياس من كربيد السليكون لا يزيد قطره عن جزء واحد من الألف من قطر شعرة الإنسان.

مارك ويلاند (١٩٥٥ -)

غيم وى هو

نما هذا السلك النانوى من قطيرات عنصر الجاليوم السائل الموجود على السطح السليكونى كغاز يحتوى على الميثان يتدفق على السطح ويتفاعل على سطح القطيرات وعند تكاثفه تنتج تلك الأسلاك النانوية، وبتغيير درجة الحرارة

والضغط أثناء تلك العملية فإنه يمكن التحكم فى الأشكال الناتجة التى تأخذ شكل الأزهار أو البوكيهات الزهرية النانوية الحجم (شكل ١٨). وهنا لا يهمنا كثيرا جمال التشكيلات الناتجة بالرغم من تميزها الجمالى حيث إن الأهمية تكمن فى إمكانية استخدام تلك الأزهار النانوية فى تطبيقات مثيرة ومهمة.



زهرة نانوية بوكيه نانوى اشجار نانوية

(الصور منقولة من موقع www.primidi.com مرجع رقم ٥٠ بتصريح من الدكتور مارك ويلاند)

بعض تطبيقات الأزهار النانوية:

١ ـ الكشف عن الكحول فى الدم:

تم استخدام الأزهار النانوية المصنعة من أكسيد الزنك (ZnO) بواسطة يوجين شين (Yujin Chen) وزملائه فى جامعة هاربين الهندسية الصينية (Harbin Engineering University) فى الكشف عن الكحول الإثيلى فى الدم. الحواس التقليدية للكشف عن هذا الكحول تتكون من نفس المادة وطريقة عملها هو الكشف عن التغير فى المقاومة الكهربائية عند تعرض حشوة من أكسيد الزنك أو طبقة منه لبخار الكحول. هذه الحواس التقليدية تحتاج للتسخين حتى درجة حرارة تصل إلى ٣٠٠ م قبل أن تصبح حساسة للكحول وقد تم استبدالها أخيرا بالحساس النانوى الذى لا يحتاج إلا لدرجة حرارة ١٤٠م تلك الدرجة التى يمكن

معها تصنيع ذلك الحساس فى صورة مختبر محمول (Lab-on-a-chip) والميزة الرئيسية لهذا الحساس النانوى هو صغر حجمه واستهلاكه لطاقة أقل من الحواس التقليدية حيث إن كمية الطاقة التى يحتاجها تقدر بالنانووات بالمقارنة بتلك التى تحتاجها الحواس التقليدية التى تقدر بالميكرووات أى أن استهلاكه يقدر بجزء من الألف من استهلاك الحواس التقليدية.

يقوم أكسيد الزنك بامتصاص جزيئات الكحول المتبخرة مما يؤدى إلى تغير المقاومة والسبب فى كون الحساس النانوى أكثر حساسية من التقليدى وعمله عند درجة حرارة أقل أن الحجم النانوى للأزهار يشجع هذا الامتصاص، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأزهار النانوية تتكون من حزم من القضبان النانوية عرض كل منها حوالى ١٥ نانومترًا.

لصناعة هذا الحساس النانوى قام الباحثون بتطويق قطفتين من الأزهار النانوية بأسلاك فى دائرة كهربائية، إحدى هاتين القطفتين تم تعريضها للعينة والأخرى تم حفظها معزولة، وبمقارنة المقاومة الناتجة عن العينة المعرضة بتلك الناتجة عن المجموعة الضابطة يمكن التحقق من وجود الكحول من عدمه.

وقد وجد أن هذا الحساس النانوى يمكنه الكشف عن تركيزات من الكحول تقدر بـ ٥٠ جزءًا فى المليون، وهنا يتضح جليا حساسيته بالمقارنة بطرق الفحص الأخرى مثل استخدام فاحصات التنفس (Breathalyzers) التى تستخدم لتقدير كمية الكحول فى الدم من خلال تحليل عينة من هواء الزفير، ولزيادة حساسية هذا الجهاز النانوى فإنه يلزم إحاطته بطبقة من حبيبات الذهب أو البلاتين النانوية.

٢ - تحسين كفاءة البطاريات: (Improving Batteries)

بمساعدة التكنولوجيا النانوية تتم الدراسات من أجل خلايا تخزين الطاقة الشمسية والبطاريات مما سينعكس إيجابيا على مردود الطاقة البديلة واكتشاف بدائل جديدة ستكون فى المستقبل القريب البديل الحقيقى للوقود الحفرى كالبترول والغاز الطبيعى والفحم.

تتميز البطاريات الشائعة الاستعمال بأن محتواها يكون محدودا من الطاقة أو أنها تحتاج إلى الشحن المستمر كما أن عمرها الافتراضى يكون قصيرا نسبيا مما يجعل من عملية التخلص منها مشكلة بيئية ليست بسيطة. وقد استدعى ذلك استعمال بطاريات ذات قدرة عالية من الطاقة أو استخدام بطاريات تشحن على فترات متباعدة يدخل فى تركيبها المواد النانوية مما يقلل من مشكلة التخلص منها عند انتهاء عمرها الافتراضى الطويل نسبيا.

المكثفات الدقيقة جدا (Ultracapacitors) هى مكثفات كهروكيميائية تمتلك طاقة غير عادية تقدر بآلاف مرات الطاقة الناتجة من المكثفات العادية وأحد التطبيقات الممكنة للأزهار النانوية هو استخدامها لتحسين كفاءة تلك المكثفات وإنتاج بطاريات ذات مواصفات أفضل لاستخدامها فى الأجهزة الإلكترونية المحمولة. قام الباحثون بإنتاج أنواع مختلفة من الأزهار النانوية باستخدام مواد متنوعة من بينها استخدام الحبيبات النانوية لأكسيد المنجنيز (MnO) وهو المركب الرئيسى المزود للطاقة فى البطاريات التقليدية ذلك أن الجيل السابق من الأزهار النانوية أصبح غير مناسب لاستخدامه فى مجال إنتاج الإلكترونيات التى تحتاج بطاريات أكثر قوة وأطول عمرًا.

قام الباحثون فى معهد الدفاع الكيميائى (Institute of Chemical Defence) فى بكين بالاشتراك مع علماء من جامعة بكين بتخليق مرج من الأزهار النانوية (Nanomeadows) مرتبة على أنابيب الكربون النانوية الناتجة من ورقة من معدن التانتالوم (Tantalum Ta) (لوحة ٧). هذا المرج النانوى يعمل بكفاءة تقدر بعشرة أضعاف عمل أكسيد المنجنيز المنفرد ويمكنه تخزين ضعف الشحنات المتكونة عند استخدام الإلكترودات الكربونية الموجودة فى المكثفات الدقيقة جدا. قام العلماء أولا بتنمية عناقيد من أنابيب الكربون النانوية البالغ سمكها ١:٥٠٠٠٠ من سمك شعرة رأس الإنسان المعروفة بقدرتها العالية على التوصيل الكهربائى .بعد ذلك قام العلماء بترسيب حبيبات أكسيد المنجنيز النانوية على الأنابيب النانوية بطريقة الترسيب الكهربائى مما نتج عنه عناقيد نانوية تشبه

نبات الهندباء (Dandelions) عند فحصها بالمجهر الإلكترونى وكانت النتيجة تكون بطارية ذات قدرة تخزينية عالية وعمر أطول من البطاريات التقليدية. وقد أوضح الباحثون أن الشحنات تتنقل وتخزن فى الأزهار النانوية الناتجة من أكسيد المنجنيز فى الوقت الذى تعمل فيه أنابيب الكربون النانوية بقدرتها التوصيلية العالية على زيادة الطاقة الناتجة منها. وبالرغم من ذلك فإن الباحثين الآخرين يرون أن هذه الوسيلة لإنتاج الطاقة مكلفة ولا يمكن الاعتماد عليها فى إنتاج البطاريات ذات الأحجام الكبيرة المستخدمة فى وسائل النقل المختلفة.

٣- الخلايا الشمسية :

تعتبر فرصة الخلايا الشمسية المتاحة حاليا كمصدر للطاقة قادرة على منافسة الوقود الحفرى أو شبكات الكهرباء ضعيفة، فهذه الخلايا بسيطة وكفاءتها ليست على المستوى المطلوب بالإضافة لارتفاع تكلفة تصنيعها عند استخدامها لتوليد الكهرباء على نطاق واسع، وبالرغم من ذلك فقد أدت التطورات فى مجال التكنولوجيا النانوية إلى فتح الباب نحو إنتاج جيل جديد من الخلايا الشمسية أرخص وذات كفاءة أفضل قليلا.

فى البداية نشير إلى أسس تصنيع الخلايا الشمسية العادية التى تسمى أيضا الخلايا الفولتضوئية (Photovoltaic Cells) والتى تعمل على تحويل ضوء الشمس إلى كهرباء مباشرة. هذه الخلايا تتكون من مواد شبه موصلة خصوصا السليكون وعندما يسقط عليها الضوء فإنها تمتص الطاقة الضوئية أو الفوتونات التى تؤدى إلى إثارة الإلكترونات فى السليكون ناقلة إياها إلى مستوى أعلى من الطاقة مما يؤدى إلى تخليق الكهرباء (شكل ٤٠) هذا التيار الكهربائى يعمل كصمام ثنائى يسمح بتدفق الإلكترونات فى اتجاه واحد وبالتالى تكون تيار من الإلكترونات أو الكهرباء.

وقد أمكن من خلال تقنيات النانوتكنولوجى زيادة كفاءة هذه الخلايا الشمسية، إلا أن الإنجاز الأهم هو خفض تكلفة تصنيعها حيث تمكن علماء الكيمياء فى جامعة كاليفورنيا من اكتشاف طريقة لصناعة خلايا شمسية

بلاستيكية رخيصة الثمن يمكن وضعها على أى سطح. هذه الخلايا الشمسية البلاستيكية تتكون من قضبان نانوية منتشرة فى بوليمر تعمل كالأسلاك حيث إنها تولد الإلكترونات عند امتصاصها لضوء ذى طول موجى معين ومن ثم تتدفق هذه الإلكترونات خلال القضبان حتى تصل إلى إلكترود من الألمونيوم حيث تتحد مكونة تيارا وبالتالى تنتج الكهرباء (شكل ٤١).

تتميز الخلايا الشمسية البلاستيكية برخصها لسببين الأول أنها لا تستخدم السليكون المعروف بغلاء سعره كما أن تصنيعها بسيط جدا لدرجة أنه يمكن أن يتم فى كأس زجاجى فى المختبر دون الحاجة إلى أجهزة مكلفة كالحاجة إلى غرف مفرغة من الهواء كما يحدث عند تصنيع الخلايا العادية. كما تتميز هذه الخلايا البلاستيكية بإمكانية ضبط القضبان النانوية لامتصاص الضوء ذى الأطوال الموجية المختلفة وبالتالى زيادة كفاءتها لقدرتها على امتصاص معظم الضوء الساقط عليها.

بالإضافة إلى جامعة كاليفورنيا فقد قامت إحدى شركات التكنولوجيا تسمى كوناركا(Konarka) بتحسين الخلايا الشمسية باستخدام تقنيات التكنولوجيا النانوية وأمكنهم إنتاج خلية شمسية تسمى البلاستيك الكهربائى (Power Plastic) يمكنها امتصاص ضوء الشمس المباشر والضوء العادى وتحويله إلى كهرباء.

إن التكنولوجيا المستخدمة فى تصنيع هذه الخلايا الجديدة مازالت سرية إلا أن الأسس العامة لها تتلخص فى أنه يتم تصنيعها من الحبيبات النانوية لثانى أكسيد التيتانيوم المغطى بصبغة فولتضوئية تولد الطاقة عند امتصاصها للضوء. وتجدر الإشارة إلى أن هذه الخلايا الجديدة لا يمكن استخدامها حاليا إلا لتوفير الطاقة للأجهزة التى لا تحتاج إلى طاقة كبيرة مثل شحن الهواتف المحمولة أثناء السير أو على الشاطئ مثلا.

أكثر التأثيرات إيجابية لهذه الخلايا هو أثرها المحافظ على البيئة، فقد اقترحت شركة كوناركا تغطية أسقف المنزل بالكامل بها لتدبير احتياجات المنزل من الطاقة الرخيصة والنظيفة، وإذا تم ذلك فى عدد كبير من المنازل فإن

الفصل السابع

الطب النانوى

الطب النانوى (Nanomedicine) هو تطبيقات النانوتكنولوجى لعلاج و/ أو منع الأمراض التى تصيب الإنسان، وهناك مصطلحات أخرى تستخدم لتعريفه مثل النانوتكنولوجيا الطبية (Biomedical Nanotechnology) والنانوبيولوجيا الطبية .(Biomedical Nanobiology) هذا التخصص مازال فى بداياته ومن المنتظر أن يغير العلوم الطبية بشكل مثير فى القرن الحادى والعشرين.

لقد أصبح بالإمكان استغلال الخصائص الفريدة للمواد النانوية فى التطبيقات المختلفة للطب النانوى، فالحبيبات النانوية يمكن إكسابها خصائص وظيفية محددة باتصالها بجزيئات أو تركيبات بيولوجية؛ حيث أدى هذا التكامل إلى تطوير أجهزة التشخيص وأدوات التحليل وطرق توصيل الدواء وغيرها الكثير.

أكثر الأدوات بدائية فى هذا المجال فهى تلك التى تستخدم لتشخيص الأمراض وتضم الاختبارات الكيميائية المتخصصة والأدوات التى يمكن أن تستخدم لمراقبة الكيمياء الداخلية للجسم. ويعتقد أنه بالإمكان تصنيع آلات نانوية مزودة بمرسل لاسلكى تتحرك داخل الجهازين الدورى والليمفى للإنسان مرسلة إشارات تحذيرية عند وجود اضطراب أو خلل فى التفاعلات الكيميائية

بالجسم، كما يعتقد أنه يمكن زرع آلات نانوية ثابتة فى الجهاز العصبى لإجراء وظائف محددة مثل القيام برسم المخ عند الحاجة.

الاستخدامات الأكثر تقدما للنانوبيولوجيا الطبية تتضمن الأجهزة التى يتم زرعها فى الجسم لتوزيع العقاقير أو الهرمونات عند الحاجة وذلك فى الأشخاص الذين يعانون من اضطراب حاد أو نقص فى إنتاج تلك المواد، ومن الأجهزة النانوية الأخرى التى يمكن زرعها بشكل دائم للقيام بالدور المنوط بها عند الحاجة جهاز الصدمات الكهربائية النانوى ومنظم ضربات القلب النانوى، كما أنه قد يمكن تصنيع أجسام مضادة وكرات دم حمراء وبيضاء وكذلك إنسان آلى أو روبوت نانوى مضاد للفيروسات.

أما أكثر الابتكارات تقدما فى هذا المجال فهو ابتكار الروبوت النانوى الجراح الذى يمكنه إصلاح الخلايا التالفة أو دخول الخلايا واستبدال مركباتها التالفة، ويعتبر التضاعف الذاتى للروبوتات النانوية وقيامها بإصلاح العيوب الجينية باستبدال الأجزاء التالفة من الدنا هو أكثر التطورات المرجو تحقيقها فى المستقبل.

من المأمول أن تكون هناك تطبيقات طبية عديدة ومتنوعة قد لا يتصور أحد مداها الآن إلا أنها بالتأكيد ستساعد فى إنقاذ الكثير والكثير من الأحياء. وفيما يلى استعراض لبعض التطبيقات الطبية التى تستغل تقنيات النانوتكنولوجى والتى بدأ أو اقترب تسويقها تجاريا.

١. اكتشاف السرطان وعلاجه

يحدث السرطان عندما يخرج معدل انقسام مجموعة من الخلايا عن السيطرة أى التكاثر والانقسام غير المحدود بطريقة عشوائية، وقيامها بغزو الأنسجة المجاورة وتحطيمها مثلما تتغلغل جذور النباتات فى الأرض بل وانتشارها أحيانا إلى أماكن أخرى عبر الليمف والدم،، وتختلف الخلايا السرطانية فى ذلك عن الأورام الحميدة (Benign Tumors) التى تكون محدودة الموقع ولا تغزو الأنسجة المجاورة.

يمكن إصابة الأفراد فى جميع سنوات العمر بالسرطان إلا أن فرصة الإصابة تزداد بتقدم العمر وقد وجد أن الوفيات من مرض السرطان تمثل حوالى ١٣٪ من جملة الوفيات العالمية، وطبقا لبيانات الجمعية الأمريكية للسرطان (Amer-ican Cancer Society) فإن عدد الوفيات فى العالم نتيجة الإصابة بأنواع السرطانات المختلفة بلغ مليون حالة عام ٢٠٠٧ .

يتم تشخيص السرطان أوليا من خلال التصوير الإشعاعى (Radiographic Imaging) متبوعا بتحليل الأنسجة بعد أخذ عينة من العضو المطلوب فحصه جراحيا (Biopsy)، كما أن طرق العلاج التقليدية لا تتعدى الجراحة والعلاج الكيميائى أو العلاج الإشعاعى (Radiotherapy) وما يصاحبهم من آثار جانبية قد يكون لها آثار نفسية بالغة على المرضى.

أ- اكتشاف الإصابات السرطانية

مرض السرطان من الأمراض التى أعطاها الأطباء والباحثون الكثير من الوقت والجهد للتوصل إلى تقنيات سهلة وميسرة لاكتشافها بدلا من طرق التدخل الجراحى لأخذ عينة من النسيج الذى يظن أنه مصاب به. ولقد مكنت النانوتكنولوجى الأطباء والباحثين من تشخيص الأورام السرطانية والحصول على صور واضحة للأورام والخلايا السرطانية والحصول على معلومات كافية حول هذه الأورام يمكن بواسطتها تحديد أماكنها بدقة ومن ثم القيام بعملية العلاج بشكل فورى.

١- استهداف سرطان الثدى بالكوانتم دوت :

من أمثلة الحواس النانوية تلك التى تستخدم الخواص الفلوريسينتية للكوانتم دوت المتكون من حبيبات سيلينايد الكادميوم النانوية للكشف عن سرطان الثدى ويتم ذلك بحقن هذا النوع من الكوانتم دوت ثم البحث عن مكان تواجده فى الجسم من خلال تتبع إشعاعاته الفلوريسينتية. وقد أصبح بالإمكان حاليا تشييد حساس الكوانتم دوت النانوى بشكل تخصصى بحيث يتمكن من الارتباط بنوع محدد من الخلايا كالخلايا السرطانية مثلا. وقد قامت إحدى الشركات

الأمريكية تسمى شركة هاوارد للنانوتكنولوجى فى كاليفورنيا (Hayward. Calif based Nanotech Company) باستخدام فلوريسينت الكوانتم دوت لجعل خلايا سرطان الثدى واضحة عند الكشف عن وجودها بدلا من استخدام الصبغات العضوية التى تستخدم عادة فى هذا المجال.

يتميز الكوانتم دوت بإمكانية التحكم فى حجم الحبيبات النانوية المنتجة له وبالتالى التحكم فى الطول الموجى ولون الضوء المنبعث منه عند تنشيطه بضوء خارجى كما سبق الإشارة لذلك، فمثلا كوانتم دوت سيليناید الكادميوم الذى يصل حجمه ٣ نانومترت ينبعث منه ضوء أخضر طوله الموجى ٥٢٠ نانومترًا بينما الذى يبلغ حجمه ٥,٥ نانومترات يبث ضوءًا أحمر طوله الموجى ٦٣٠ نانومترًا، وقد قام الفريق البحثى فى تلك الشركة بإضافة غطاء من كبريتيد الزنك لجعل حجم الكوانتم دوت ٨ نانومتر وبالتالى يقترب الضوء المنبعث من الطول الموجى للأشعة تحت الحمراء (٧٠٠ - ١٠٠٠ نانومتر) حيث تكون الصورة أوضح كثيرا نتيجة نقص معدل تشتت الأشعة بالمقارنة بمثيله عند استخدام الضوء الفلوريسينتى المرئى.

ومن المزايا الأخرى للكوانتم دوت إمكانية إثارته بأنواع مختلفة من الأطوال الموجية سواء كان ذلك طولاً موجيًا مفردًا أو حزمة من الأطوال الموجية، وبالتالى فقد قام الفريق البحثى باستخدام الضوء الناتج من مصباح الزئبق الذى ينتج الضوء الفلوريسينتى فى المجاهر العادية، وبالطبع فإنه يمكن استخدام أشعة الليزر وغيرها من مصادر الإضاءة المختلفة.

لإتمام الكشف قام الفريق البحثى بربط الكوانتم دوت بمجسين بيولوجيين- أحدها هو الستربتافيدين (سبق الإشارة إليه عند استعراض حساس الكوانتم دوت النانوى) والآخر يسمى الجلوبيولين المناعى - I gG - للارتباط بمركب كيميائى عبارة عن جسم مضاد خاص يسمى Her 2 ينتشر على سطح خلايا الثدى السرطانية ويعتبر دليلا على وجود هذا النوع من السرطان، وقد تمكن الفريق البحثى من ملاحظة التوهج المنبعث من الكوانتم دوت وبالتالى من وجود هذا الدليل الخاص بسرطان الثدى فى الخلايا الحية (مرجع رقم ٦٥).

وتقوم الشركة حاليا بتجربة أنواع مختلفة من المواد النانوية تستطيع انبعاثاتها الاقتراب من منطقة الأشعة تحت الحمراء، ومن هذه المواد حبيبات زرنيخيت الإنديوم .(Indium Arsenide)

٢- استخدام الروافع النانوية :

سبق عرضها من قبل عند استعراض الحواس البيولوجية النانوية.

٣- استخدام حبيبات الذهب :

أ - حبيبات الذهب للكشف عن تتابع جينى:

أخذ الكشف عن تتابعات الدنا الكثير من الاهتمام فى السنوات العشرين الماضية فى مجالات متعددة منها الأمن الغذائى وعلم الأمراض والطب الشرعى، وقد نشأ هذا الاهتمام كنتيجة طبيعية للانتهاء من رسم الخريطة الجينية للإنسان، وهو مايعرف بمشروع الجينوم البشرى (Human Genome Project) ، ولقد أدى ذلك إلى التوصل إلى تقنيات التهجين (Hybridization Techniques) لتحليل الدنا، ثم كان استخدام حبيبات المعادن خصوصا حبيبات الذهب النانوية كبديل لتلك التقنية المعقدة ليجعل منه أمرا سريعا وميسورا.

من الأمثلة التطبيقية لاستخدام حبيبات الذهب النانوية فى علم الأمراض استخدامها فى الكشف عن أمراض السرطان المسببة عن خلل وراثى فى أحد الجينات، فمن المسلم به أن مرض السرطان قد يحدث نتيجة لخلل فى التركيب الوراثى أى حدوث طفرة به، لذا فإن الباحثين والأطباء المعالجين لمرضى السرطان يتطلعون إلى اليوم الذى ستظهر فيه طريقة جديدة غير مكلفة تمكنهم من التعرف السريع والدقيق على الطفرات المرتبطة بالسرطان.

لقد تم التوصل إلى عدد من الاستراتيجيات للكشف عن ترتيب معين من الدنا باستخدام حبيبات الذهب النانوية كمرشد أو دليل واضح يمكن تتبعه عند ارتباطها بتتابع الدنا مما قد يقدم الحل المنتظر. هذه الطريقة البسيطة غير

المكلفة التى يمكن استخدامها بطريقة اختيارية وحساسة للكشف عن تتابع معين من القواعد النيتروجينية للتأكد من وجود الطفرة الجينية قام بتطويرها عدد من الفرق البحثية من بينهم فريق بحثى من جامعة نورث ويسترن Norhwestern University) الأمريكية بقيادة تشاد ميركين (Chad Mirkin) وروبرت لتزنجر (Robert Letzinger)

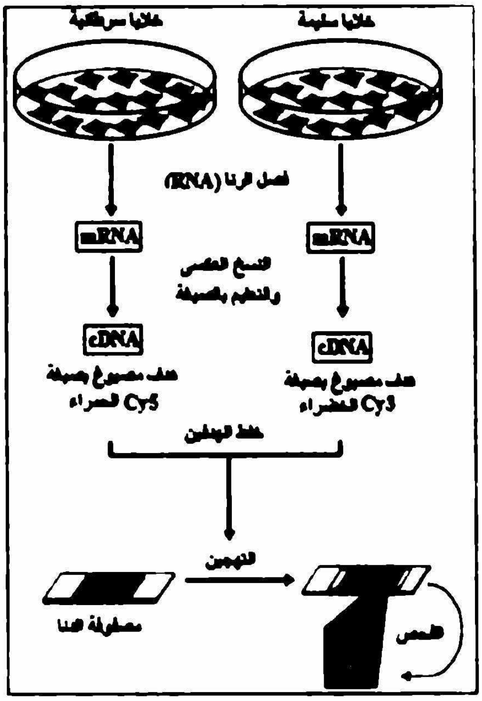
تتضمن هذه التقنية التعرف والتقدير الكمى للتغير الحادث فى نيوكليوتيدة واحدة، (Single-Nucleotide polymorphisms, SNPs) وهى أكثر التغيرات الوراثية التى تحدث فى الإنسان باستخدام مصفوفة الدنا(٥) DNA Microarray الموضحة فى شكل ١٩.

تعتبر حبيبات الذهب النانوية محور النظام الجديد الحساس المتخصص فى الكشف عن الطفرات الجينية الناتجة عن تغير قاعدة نيتروجينية واحدة فى النيوكليوتيدة والتى تمثل المصدر الرئيسى لحدوث الطفرات الجينية فى الإنسان. هذه الطريقة التى تستخدم التكنولوجيا النانوية ستصبح منافسة للطرق التقليدية للكشف عن تلك الطفرات فى عينة من الدم مثل استخدام تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) إلا أنها تتميز عنها بأنها لا تحتاج إلا لمجرد استخلاص الدنا من الدم وأنها لا تستغرق أكثر من ساعتين للتوصل إلى النتيجة.

يمثل الكشف عن هذا النوع من الطفرات الجينية إحدى ثمار مشروع الجينوم البشرى الذى تم إنجاز أولى مراحله وهى سلسلة القواعد النيتروجينية عام ٢٠٠٣، حيث إن وجود بعض هذه الطفرات يعتبر دليلا على الإصابة بالسرطان، كما أن وجود طفرات أخرى قد يوضح استعداد الشخص للشفاء عند العلاج ببعض المواد المضادة للسرطان.

المشكلة الرئيسية لاستخدام تلك الطفرات سواء فى الكشف عن السرطان أو العلاج منه أنها قد تفقد بين البلايين الثلاثة لأزواج القواعد النيتروجينية المكونة للجينوم البشرى، والبحث عن تلك الطفرة يشبه تماما البحث عن إبرة فى كوم

من القش ويتم ذلك حاليًا بتكبير جزىء الدنا الذى يعتقد احتواؤه على الطفرة من خلال تقنية تفاعل البوليميريز المتسلسل التى تحتاج إلى خطوات معملية طويلة وبعد ذلك يتم التعرف على الطفرة من خلال مجس يتكامل ترتيب القواعد النيتروجينية له مع الترتيب المطلوب الكشف عنه فى الطفرة.

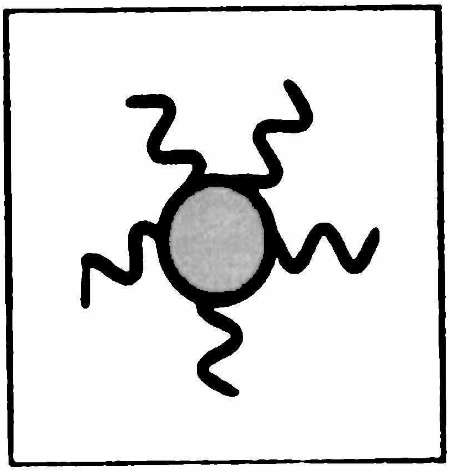


شكل ١٩ - مصفوفة الدنا ثنائية الألوان للتعرف على التغيير الحادث فى نيوكليوتيدة واحدة بتهجين نوعين من الدنا المكمل (cDNA) الناتجين من نسيج مريض وآخر سليم للمقارنة بينهما حيث يتم تعليم النسيجين بصبغتين مختلفتى الألوان مثل Cy3 التى تعطى لونًا أخضر و Cy5 التى تعطى لونًا أحمر (الرسم التوضيحى مستخلص من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامه دون قيود تحت بند Public domain مع تعديلات طفيفة للمؤلف)

وقد أدى استخدام حبيبات الذهب النانوية إلى الاستغناء عن تقنية شكل ١٩ الـ PCR للكشف عن هذه الإبرة فى كوم القش حيث يتم استخلاص الدنا من الدم ثم تكسيره إلى قطع صغيرة بمعاملته بالموجات فوق الصوتية (Son-ication) لإنتاج قطع من الدنا تتكون كل منها من حوالى 500 زوج من القواعد النيتروجينية. يتم تحميل هذه القطع على الشريحة المحتوية على قطع تخليقية من الدنا لها ترتيب مكمل للترتيب الذى يتم البحث عنه (المجسات) وبعد ساعة

تقريبا يتم غسل الشريحة للتخلص من القطع التى لم ترتبط بالمجسات لتظل فقط القطع التى ارتبطت بالمجسات مع عدد قليل من تتابعات الدنا التى لم ترتبط بشكل تام.

يأتى بعد ذلك دور حبيبات الذهب النانوية المبرمجة باتصالها بمجسات لها ترتيب مكمل لجزء من الدنا فى الجينوم البشرى يقع قريبا من الترتيب المطلوب البحث عنه (شكل ٢٠)، وعند الحاجة إلى الكشف عن أكثر من تتابع فإنه يجب إضافة أكثر من مجس مكون من حبيات الذهب النانوية متصل بها الترتيب المحدد من الدنا المكمل للترتيب المطلوب البحث عنه، ويؤدى وجود الحبيبات النانوية مرتبطة بالمجس إلى تغيير طريقة ارتباط المجس بالدنا حيث تعمل على تقوية عملية الارتباط أو التهجين بينهما. هذا التهجين المتين يسمح بعملية غسيل شديدة لمدة نصف ساعة للتخلص من أى مجسات ربما تكون ارتبطت بشكل غير مقصود، وفى النهاية يتم ترسيب طبقة رقيقة من الفضة حول حبيبات الذهب النانوية -بنفس الطريقة التى يتم فيها ترسيب الفضة على أفلام التصوير الفوتوغرافى- لتكبير الإشارة الصادرة من حبيبات الذهب مما يسهل من عملية الكشف النهائى.



شكل٢٠ - رسم توضيحى لحبيبة ذهب نانوية متصل بها عديد من المجسات ذات ترتيب مكمل للترتيب المطلوب البحث عنه

لقد تم تطوير هذه الطريقة الجديدة لتصبح قادرة على الكشف عن ثلاثين من الطفرات الجينية فى الوقت نفسه، وينتظر أن تصل كفاءتها للكشف عن أعداد أكبر فى المستقبل القريب.

ب. حبيبات الذهب النانوية تبسط اكتشاف السرطان:

من التطورات الحديثة فى هذا المجال ربط حبيبات الذهب النانوية إلى جسم مضاد خاص بالخلايا السرطانية مما يجعل من اكتشاف السرطان أكثر سهولة ويسر. هذا ما أعلنه الفريق البحثى فى معهد جورجيا للتكنولوجيا بجامعة كاليفورنيا فى لوس أنجيلوس بقيادة العالم المصرى الأصل الدكتور مصطفى السيد ويضم معه نجله الطبيب إيفان جراح العنق والرأس بمركز السرطان بجامعة كاليفورنيا فى سان فرانسيسكو وأحد خريجى المعهد يدعى زياهوا هوانج (Xiahua Huang). من المعروف عن حبيبات الذهب النانوية أنها تكون جيدة فى امتصاصها وفى تشتيتها للضوء ولقد أراد الفريق البحثى معرفة ما إذا كان بإمكانهم التحكم فى هذا التشتت فى الخلايا الحية مما يجعل من اكتشاف السرطان أمرا سهلا وبالفعل كانت النتائج مشجعة.

الدكتور مصطفى السيد (١٩٣٣ -   )

يوجد على سطح الخلايا السرطانية بروتين معين يسمى مستقبل عامل نمو البشرة (Epidermal Growth Factor Receptor) وبربط كرات الذهب النانوية إلى الجسم المضاد لهذا المستقبل البروتينى وجد الباحثون أن هذه الحبيبات النانوية تستطيع الارتباط بالخلايا السرطانية.

لقد كانت الدراسة على سرطان الجلد عندما وجد أن الحبيبات النانوية للذهب تلتصق بالخلايا السرطانية وحدها وبذلك يمكنها رصد أى ورم بالجلد حيث تتجمع حبيبات الذهب النانوية لتشكل طبقة مضيئة على سطح الخلايا السرطانية وحدها عند الفحص المجهرى فتبدو مثل كوكبة مضيئة وسط مجال معتم بينما تبدو الخلايا السليمة داكنة تحت المجهر.

عند إضافة حبيبات الذهب المرتبطة بالجسم المضاد إلى خليط من الخلايا السليمة والخلايا السرطانية تمكن الدكتور مصطفى السيد ومعاوناه من التمييز بين كلا النوعين من الخلايا باستخدام مجهر بسيط للكشف عن التوهج الناتج من الخلايا السرطانية حيث إن الخلايا السليمة لا ترتبط بتلك الحبيبات النانوية وهذه هى الميزة الكبرى لهذه التقنية التى لا تحتاج إلى مجاهر معقدة مكلفة أو إلى الليزر بل كل المطلوب مجرد مجهر عادى والضوء الأبيض، ومن المزايا الأخرى لهذه التقنية أن النتائج يتم الحصول عليها فورا فبمجرد الحصول على الخلايا من الورم ورشها بحبيبات الذهب النانوية المرتبطة إلى الجسم المضاد يتم الحصول على النتيجة تحت المجهر فى الحال (لوحة ٨)، وبالإضافة إلى ماسبق فإن حبيبات الذهب النانوية ليست سامة للخلايا البشرية وهذا ما يميز تلك التقنية عن مثيلاتها التى تستخدم الكوانتم دوت الذى يكون ساما بدرجة أو أخرى للإنسان.

وقد وجد أن حبيبات الذهب النانوية التى يبلغ حجمها ٣٠ نانومترًا هى الأفضل فى هذه الدراسة، كما قدرت درجة تآلف تلك الحبيبات مع الخلايا السرطانية بـ ٦٠٠ ضعف درجة تآلفها مع الخلايا السليمة، كما وجد أن تشتت الضوء كان قويا لدرجة أن الباحثين كان يمكنهم الكشف عن الحبيبة النانوية المفردة.

وامتدادا لهذه الدراسة فإن الدكتور مصطفى السيد قد أوكل لبعض الباحثين فى المركز القومى للبحوث فى مصر دراسة التأثيرات المحتملة لحبيبات الذهب النانوية على الجسم أملا فى التوصل إلى درجة عالية من الأمان قبل استخدامها فى علاج الإنسان.

ب ـ علاج السـرطان

بالرغم من أن بعض أنواع السرطانات يمكن علاجها إلا أن نتائج طرق العلاج المتاحة حاليا غير مضمونة تماما سواء كان ذلك بالجراحة أو العلاج الكيميائى أو الإشعاعى، فكثيرا ما يصاحب العلاج بهذه الطرق آثار جانبية مؤلمة أحيانا وقاتلة أحيانا أخرى. هذه المعاملات العلاجية التقليدية لا تفرق بين الخلايا السرطانية والخلايا السليمة حيث يتم قتل كلا النوعين من الخلايا، إلا أن التقدم فى النانوتكنولوجى أدى إلى التوصل إلى تقنيات جديدة لاستهداف الخلايا السرطانية فقط.

١ ـ استخدام المواد النانوية :

هناك العديد من المواد النانوية التى تمتلك المقدرة على قتل الخلايا السرطانية بشكل انتقائى دون التأثير على الخلايا السليمة. من أمثلة هذه المواد أنابيب الكربون النانوية وأصداف الذهب النانوية (Gold Nanoshells) اللذان أعطيا الأمل ليس فقط فى علاج السرطان بل فى الكشف المبكر الدقيق للخلايا السرطانية، وتجدر هنا الإشارة إلى أن الأصداف النانوية (شكل ٤٧) هى كريات نانوية (من السيليكا فى هذه الحالة) تغطى بطبقة رقيقة من الذهب.

ما الخدعة التى تجعل أنابيب الكربون والأصداف النانوية يلتصقان بالخلايا السرطانية دون الخلايا السليمة؟ لقد استخدم الباحثون حمض الفوليك بالإضافة إلى الأجسام المضادة، ومن المعروف أن الخلايا السرطانية تمتلك عددا كبيرا من مستقبلات أملاح حمض الفوليك (الفولات) وبالتالى فإن التركيبات النانوية المغطاه بالفولات والأجسام المضادة تستطيع الارتباط بسهولة بالخلايا السرطانية نتيجة ارتباط الفولات بمستقبلاتها على سطح الخلايا السرطانية، أما الأجسام المضادة فيكون دورها جعل هذا الارتباط انتقائيًا أى الارتباط ببروتين معين على سطح الخلايا السرطانية.

بمجرد التصاق أنابيب الكربون النانوية بالخلايا السرطانية المستهدفة فإنها تكون جاهزة تماما لقتلها بطريقة أو أخرى. إحدى هذه الطرق هو أن تحمل

أدوية مضادة للسرطان فى تجويفها الداخلى، أو أن تزود بمصدر للأشعة تحت الحمراء التى لا يعدو أثرها على الخلايا السليمة أكثر من أثر التعرض لأشعة الشمس المباشرة وهى نفسها التى نستخدمها لتشغيل جهاز التليفزيون بجهاز التحكم عن بعد (الريموت)، أما الخلايا السرطانية فإن الأنابيب النانوية تربط بها وتسخنها لدرجة كفيلة بقتلها.

أصداف الذهب النانوية هى الأخرى تمتلك القدر نفسه من الارتباط الموجه بالخلايا السرطانية لكن دون الحاجة إلى الفولات أو الأجسام المضادة، ويرجع السبب فى ذلك إلى صغر حجمها الذى يكون واحدًا على عشرين من حجم كرات الدم الحمراء. وعند حقن هذه الأصداف النانوية فى تيار الدم فإنها تتجمع فى مكان الورم السرطانى الذى ينمو بسرعة وبطريقة شاذة تؤدى إلى إمكانية تسرب السوائل من وإلى الأوعية الدموية وبالتالى تدخل الأصداف النانوية النسيج السرطانى، وباستخدام إشعاع خارجى من الأشعة تحت الحمراء تتمكن الأصداف النانوية من تدمير الورم السرطانى تاركة الأنسجة السليمة كما هى.

ولما كانت أنابيب الكربون وأصداف الذهب النانوية يمتلكان مقدرة توصيلية جيدة لذا فإنهما يمكن استخدامهما كمرشد لاسلكى لجعل أصغر الأورام تبدو ظاهرة أثناء عملية المسح الإشعاعى.

٢ - الخلايا النانوية: (Nanocells)

يوجد حاليا نوعان من العقاقير التى تستخدم فى علاج الأورام السرطانية، الأول كيميائى يدمر الخلايا السرطانية والآخر عامل يمنع تكون الأوعية الدموية فى الورم مما يمنع وصول الدم إليه. كلتا الطريقتين فعالتان فى مكافحة الورم السرطانى والقضاء عليه ولكن فى حدود معينة، فالعقار الكيميائى سام ويدمر الخلايا السرطانية والخلايا السليمة دون تفرقة بينهما، أما عامل منع تكون الأوعية الدموية فيغلق المسار الذى يجب أن يسلكه العقار الكيميائى المدمر للورم السرطانى.

يعتبر تكون الأوعية الدموية (Angiogenesis) الجديدة من العوامل المهمة جدا فى مراحل تكون الورم، فعند نمو الورم إلى حجم ملليمتر مكعب واحد يصبح قالبه الداخلى شحيح الأكسجين (Hypoxic) ومن ثم يفرز عوامل نمو لاستعادة تكوين الأوعية الدموية التى تزود نسيج الورم بالغذاء والأكسجين. وقد أمكن تثبيط نمو الأوعية الدموية فى نسيج الورم كوسيلة لمنع نمو هذا الورم إلا أن هذه الطريقة لم يثبت نجاحها بشكل كامل فمنع الغذاء والأكسجين عن الخلايا السرطانية يؤدى فى النهاية إلى تكون خلايا سرطانية مقاومة لنقص الأكسجين. هذه الخلايا يمكن القضاء عليها بالعلاج الكيميائى إلا أنه بتوقف تكون الأوعية الدموية (Vasculature) فى الورم فإن طرق توصيل الدواء تكون قد قطعت.

لقد قدمت النانوتكنولوجى الحل لهذه المشكلة بإيجاد وسيلة لتوصيل العلاج الكيميائى ومنع تكون الأوعية الدموية معا وبذلك يقوم العلاج الكيميائى بدوره فى القضاء على الخلايا السرطانية بالرغم من عدم وجود أوعية دموية فى نسيج الورم، هذا الحل هو ما يعرف بالخلايا النانوية.

هذه الخلايا النانوية ماهى إلا غشاء من الليبيدات المفسفرة (الفوسفوليبيدات) يعمل كوسيلة لتوصيل العلاج الكيميائى إلى الخلايا السرطانية فقط دون التعرض للخلايا السليمة يقوم علماء معمل شيلاديتيا سينجوبتا (Shila ditya) فى معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا Massachusetts (Institute of Technology) فى بوسطن بتطويرها حاليا بقيادة رام ساسيسيخاران (Ram Sasisekharan) أستاذ الهندسة البيولوجية بالمعهد.

يبلغ قطر كل خلية نانوية من التى يتم تطويرها لحمل كلا النوعين من العقاقير حوالى ٢٠٠ نانومتر ويمكن تخيلها كبالون بداخل بالون (شكل ٤٩) لحماية العقاقير المستخدمة فى العلاج حتى الدخول فى نسيج الورم، فى البالون الداخلى يوجد عقار العلاج الكيميائى وفى الخارجى يوجد عامل منع تكون الأوعية الدموية وقد تم تصميم البالون الخارجى على هيئة الخلايا الدهنية لمراوغة جهاز المناعة ومنع اكتشاف تلك الخلايا النانوية.

هذه التقنية تعتمد على حقيقة أن الأوعية الدموية للأورام السرطانية تمتلك ثقوبا قطرها ٦٠٠ نانومتر ولذلك فهى أكثر نضوحا من الأوعية الدموية العادية التى يبلغ قطر ثقوبها حوالى ٥٠ نانومترًا. تدور الخلايا النانوية فى تيار الدم وعند وصولها إلى النسيج السرطانى فإنها تتساب من ثقوب الأوعية الدموية فى نسيج الورم لصغر قطرها بالمقارنة مع ثقوب تلك الأوعية. يتحلل الجدار الخارجى ذاتيا وينطلق عامل تدمير الأوعية الدموية فى الورم منجزا مهمته فى حوالى ٣٠ ساعة، وبعد تحلل الجدار الخارجى من الطبيعى أن تتعرى البالونة الداخلية التى يتحلل جدارها بفعل الإنزيمات الموجودة فى الخلايا السرطانية وينساب العقار الكيميائى القاتل للخلايا السرطانية متخلصا منها فى حوالى ١٥ يومًا. ومن الأهمية هنا التنبيه إلى أن تلك العقاقير لا تصل أبدا إلى الخلايا السليمة لصغر قطر ثقوبها كما ذكر من قبل كما أن أنسجة الورم السرطانى لم تعد تمتلك أوعية دموية لنقل تلك المواد الكيميائية إلى الخلايا أو الأنسجة المجاورة، وبالتالى يتم التخلص من الورم السرطانى دون أدنى تأثير على الخلايا السليمة وهذه هى أهم ميزات هذه الطريقة الجديدة لمكافحة الأورام السرطانية.

وقد ثبت من التجارب المعملية أن الفئران التى عولجت بهذه الطريقة عاشت فترات أطول من الأخرى التى عولجت بالطرق التقليدية. وبالرغم من النتائج المشجعة على حيوانات التجارب إلا أن استخدام تلك الطريقة لعلاج الأورام فى الإنسان قد يستغرق فترات طويلة قادمة.

٢ - اكتشاف وعلاج الزهايمر

مرض الزهايمر (Alzheimer) الذى سمى بهذا الاسم تخليدا لذكرى الطبيب الألمانى ألويس آلزهايمر (Alois Alzheimer) الذى قام بوصفه للمرة الأولى عام ١٩٠٧ مرض يخرب خلايا المخ مسببا مشاكل كبيرة فى ذاكرة وتفكير وسلوك المريض المصاب به الذى تسوء حالته مع الأيام حتى النهاية المحتومة.

يعتبر هذا المرض أكثر أسباب الخرف (Dementia) انتشارا بين الأشخاص الذين بلغ عمرهم ٦٥ عاما وأكثرحيث يعانى منه أكثر من ٢٦ مليونا من البشرعلى مستوى العالم طبقا لتقديرات عام ٢٠٠٦ ومن المنتظر ارتفاع هذا العدد إلى ١٠٠ مليون فى عام ٢٠٥٠ بنسبة حوالى ١ : ٨٥ من جملة البشر.

الويس الزهايمر (١٨٦٤- ١٩١٥)

الأعراض الأولى للمرض تتمثل فى فقد الذاكرة بجانب بعض الأعراض العصبية الأخرى مثل ضعف المقدرة على الكلام والسمع والتفكير، كما قد يؤدى إلى تغيرات فى السمات الشخصية وإلى اضطراب النوم والهلوسة بالإضافة إلى أنه قد تحدث بعض الأعراض المرتبطة بالحركة فى بداية المرض مثل تصلب العضلات وزيادة اهتزاز الفكين.

بداية مرض الزهايمر غالبا ماتكون بطيئة وتدريجية، وطالما أنه لا يتوفر اختبار متخصص لتحديد العلامات الأولى لهذا المرض فإنه لا يمكن التمييز بينها وبين التغيرات التى تحدث لبعض كبار السن، ومن الضرورى تشخيص سبب الخرف مبكرا وبصورة صحيحة حتى لا يحدث لبس بين أعراض الشيخوخة الطبيعية وبين الإصابة بالزهايمر. إن هذا المرض يؤدى إلى التلف التدريجى لخلايا المخ التى لا تتجدد وعند التمكن من التشخيص المبكر له فإنه يمكن إجراء بعض المعاملات التى يمكن لها أن توقف الحالة المرضية أو تؤخر تقدم المرض لدرجة ما، ومن الممكن التشخيص المبكر للزهايمر إذا فحص المريض بواسطة

طبيب النفسية والعصبية المتمرس، ولكن المشكلة الكبرى تكون فى عدم إمكانية تشخيص الضعف الإدراكى المعتدل الذى هو حالة انتقالية بين الشيخوخة العادية والزهايمر ويتميز بفقد الذاكرة بدرجة أكبر بالمقارنة مع من هم فى نفس المرحلة السنية.

لا يتم تشخيص الإصابة بمرض الزهايمر على وجه اليقين إلا بعد الوفاة وتشريح المخ أو أخذ عينات من المخ وتحليلها (Cerebral Biopsy) حيث يظهر الفحص النسيجى للحالات المرضية وجود ترسبات من ببتيد بيتا أميلويد (Am-yloid B -peptide) خارج الخلايا أى فى السائل المخى الشوكى (لوحة٥١)، مع وجود تشابكات داخل الخلايا من ليفات عصبية (Neurofibrillary Tangles مرتبطة بشعيرات حلزونية من بروتين يسمى بروتين تاو. (Tau Protein)، وقد وجد أن الإنتاج الزائد من بيتا أميلويد أو عدم القدرة على التخلص منه يؤدى إلى موت الخلايا العصبية الذى ينعكس على فقد الذاكرة والعلامات الكاملة للزهايمر. ويأمل العلماء فى التوصل إلى وسائل أخرى تمكنهم من تشخيص المرض فى حياة المريض دون اللجوء للتدخل الجراحى لأخذ عينة من أنسجة المخ لتحليلها وإحدى هذه الوسائل هو الكشف عن دلائل بيولوجية أو كيموحيوية ترتبط بالمرض.

دلائل الزهايمر الكيموحيوية :

فى المراحل المبكرة جدا التى تصنف على أنها ضعف إدراكى معتدل فإن تحديد المرض وتمييزه عن الشيخوخة العادية غالبا مايكون صعبا، ونفس الحال يكون فى المراحل المتقدمة حيث يصعب تمييزه عن الأمراض العصبية المرتبطة بالخرف، كما أن التقدم البطىء للمرض يجعل من متابعة التغيرات التى تحدث بشكل دقيق أمرًا صعبًا أيضا.

إن التشخيص المبكر للزهايمر يعد من الأمور المهمة للغاية، وقد وجد أن هناك بعض الدلائل الكيموحيوية لهذا المرض يمكن أن تكون ذات قيمة كبرى فى الكشف المبكر عن الإصابة به وأهم هذه الدلائل مايلى:

أ ـ ببتيد بيتا أميلويد: (Amyloid B peptide)

المركب الرئيسى فى الترسبات العصبية، وهو ببتيد يتكون من ٤٢ حمضًا أمينيًا يترسب أولا فى الوقت الذى يترسب فيه ببتيد آخر يتكون من ٤٠ حمضًا أمينيًا فقط عند تقدم المرض. ومن بين ببتيدات الأميلويد التى تفرز من الخلايا بشكل طبيعى وجد أن ببتيد الـ ٤٠ يكون حوالى ٩٠٪ بينما ببتيد الـ ٤٢ يمثل الـ ١٠٪ المتبقية، وفى حالة الزهايمر يتزايد تركيز ببتيد الـ ٤٢ فى السائل المخى الشوكى.

ب ـ بروتين تاو: (Tau Protein)

بروتين مفسفر يوجد فى السائل المخى الشوكى يزداد زيادة كبيرة عند الإصابة بالزهايمر.

جـ ـ مصدر الأميلويد البروتينى: (Amyloid Precursor Protein)

تحتوى الترسبات الخارجية لببتيد بيتا أميلويد التى يتم اكتشافها بالفحص النسيجى على عديد من البروتينات التى تمتلك قالبا واحدا يتكون من بيتا أميلويد يحتوى على عدد من الأحماض الأمينية تقدر بـ ٣٩ ـ ٤٢ مشتقًا من مصدر بروتينى للأميلويد يتكون من ٥٩٠ ـ ٦٨٠ حمضًا أمينيًا خارجيًا مع وجود ذيل من 55 حمضًا أمينيًا فى السيتوبلازم.

د ـ الجزء البروتينى فى مركب ليبوبروتين E : (Apolipoprotein E)

جليكوبروتين وزنه الجزيئى ٣٤٢٠٠ دالتون يحتوى على ٢٩٩ حمضًا أمينيًا، يوجد منه ثلاثة أنواع (E2، E3، E4) نتيجة لوجود ثلاث أليلات للجين الذى يتحكم فى إنتاجها (e2،e3، e4) وقد وجد أن عدد الأليلات التى توجد فى الشخص هو الذى يحدد إمكانية إصابته بالزهايمر فالشخص الذى يحتوى على أليلين من e4 تكون فرصة إصابته بالزهايمر كبيرة كما تظهر عليه أعراض المرض مبكرا عن الأشخاص الذين يمتلكون دليلا واحدا أو الذين لا يمتلكونه أصلا.

دور النانوتكنولوجى :

قدمت النانوتكنولوجى جزءا من حل هذه المشكلة سواء فى تشخيص مرض الزهايمر أو علاجه من خلال الطب النانوى الذى أصبح له دور كبير فى التشخيص المبكر الموثوق به وكذلك فى علاج الزهايمر من خلال ثلاثة اتجاهات مترابطة ببعضها هى:

١ ـ التشخيص النانوى الذى يكون هدفه النهائى هو التعرف على المرض فى مراحله الأولى من خلال توفير أدوات التشخيص ذات الحساسية والتخصصية والمصداقية العالية.

٢ ـ التوصيل الموجه للدواء المتحكم فى انسيابه ليصل إلى خلايا معينة بكميات محسوبة والذى يمكن من خلاله استخدام أدوية جديدة لا يمكن ضمان كفاءة تأثيرها عند استخدام الوسائل التقليدية لتوصيلها.

٣ ـ الطب التجديدى الذى يعمل مع آليات الإصلاح الخاصة بالجسم لمنع أو تعطيل الاضطرابات المزمنة فى الجهاز الوعائى وفى الجهاز العصبى المركزى، وقد يحدث فى المستقبل ما يجعل من تجدد الخلايا فى الجهاز العصبى المركزى أمرا ممكنا.

- **التشخيص النانوى :**

أدى استعمال تقنيات النانوتكنولوجى إلى التوصل إلى اختبار جديد يتميز بحساسيته الفائقة فى تشخيص الزهايمر فى مراحلة المبكرة حيث كان علماء جامعة نورث ويسترن الأمريكية هم السباقون فى اكتشاف كميات صغيرة للغاية من البروتينات التى تستعمل كدلائل بيولوجية مرتبطة بالإصابة بالزهايمر فى مراحله المبكرة مما يتيح الفرصة لبدء العلاج قبل ظهور الترسبات الخارجية وتشابكات الليفات العصبية فى المخ وقبل الوصول إلى حالة الخرف، ومن هذه البروتينات مشتقات بيتا أميلويد التى توجد بكميات لا يمكن اكتشافها فى السائل المخى الشوكى للمرضى بطرق التحليل العادية.

لقد تم استخدام طريقة تكبير الباركود البيولوجي (Bio-Bar-Code Am-plification) التى تم التوصل إليها فى هذه الجامعة للكشف عن الكميات الصغيرة للغاية من تلك البروتينات السامة فى السائل المخى الشوكى والتى قد تكون المسئولة عن التدهور العصبى المبكر فى مرضى الزهايمر كما يقول تشاد ميركن (Chad Mirkin) مدير معهد النانوتكنولوجى فى الجامعة وأحد المشاركين فى البحث الذى نشر عن هذا الموضوع (مرجع رقم ٢٨) فى إصدارات الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم (PNAS)، ومما هو جدير بالذكر أن حساسية تلك الطريقة تزيد من ١٠٠ ألف إلى مليون مرة أكثر من الطرق المتاحة للكشف عن البروتينات المرتبطة بالمرض فى المخ.

لقد تم استخدام نوعين من الحبيبات يقومان بالاتصال بذلك البروتين وحصره بينهما مثل الساندويتش الدقيق، النوع الأول حبيبات مغناطيسية ميكرونية والأخرى حبيبات ذهب نانوية قطرها ٣٠ نانومترًا فقط مجهزين بالجسم المضاد الخاص بذلك المشتق البروتينى من بيتا أميلويد، وعند وجود تلك الحبيبات فى محلول واحد مع البروتين فإن الجسم المضاد يتعرف على البروتين ويؤدى إلى ارتباط الحبيبات به وحصره بينهما فى شكل الساندويتش كما ذكر آنفا.

يرتبط بحبيبات الذهب النانوية مئات إلى آلاف من شرائط الدنا المتشابهة التى تسمى باركود الدنا (Bar-Code DNA) مصممة لترتبط بالهدف المطلوب فقط، وباستخدام جهاز مغناطيسى يتم جذب هذا الساندويتش خارج السائل الشوكى لتكسير الروابط التى تربط القطع الصغيرة من الدنا مع الحبيبات النانوية ومن ثم يتم تجميعها (لوحة ١٠). بعد ذلك يتم تقدير كمية باركود الدنا ومنه يمكن حساب كمية البروتين المطلوب باستخدام طرق خاصة لذلك.

وبالرغم من التقدم السابق فى استخدام النانوتكنولوجى للكشف المبكر عن الزهايمر إلا أن العالمين الإيرانيين الدكتور أمير نظيم من جامعة مشهد للعلوم الطبية فى إيران والدكتور على منصورى الأستاذ بقسم الهندسة الحيوية والكيمياء الهندسية والفيزياء بجامعة إلينوى الأمريكية بريان فى مقالهما المنشور

فى مجلة مرض الزهايمر (Journal of Alzheimer Disease) فى عددها الـ ١٣ الصادر فى مارس ٢٠٠٨ (مرجع رقم ٤٦) أن الهدف النهائى للنانوتكنولوجى فى الكشف المبكر عن مرض الزهايمر سيكون زرع حواس نانوية للكشف طويل الأمد عن وجود دلائل مرض الزهايمر فى السائل المخى الشوكى ونقل ما يتم اكتشافه إلى أجهزة استقبال خارجية تقوم بتسجيل الإشارات المنقولة لها وتحويلها إلى نتائج رقمية لما يتم اكتشافه من دلالات المرض.

- **التوصيل الموجه للدواء:**

يحتاج علاج مرض الزهايمر إلى العلاج المناسب الذى يوقف تقدم المرض وإصلاح ماحدث من تلف، ويتضمن العلاج الطبى النانوى توصيل الدواء المناسب والتحكم فى انسيابه إلى مكان المرض فقط باستخدام المواد النانوية التى تتمكن من المرور من الأغشية البلازمية ومن أغلفة المخ لتوصيل الدواء المغلف إلى الخلايا المستهدفة فقط. ومن الممكن استخدام هذا النوع من العلاج قريبا للمساعدة على وقف أو على الأقل تأخير المرض من خلال استخدام عوامل علاجية خاصة تحمى الخلايا العصبية من الإجهاد التأكسدى ومن السمية الناتجة عن وجود الأميلويد باستخدام مضادات الأكسدة ومضادات الأميلويد المحمولة على المواد النانوية مثل الفللورينات والدندريمرات لنقل العلاج إلى داخل خلايا المخ بعد اختراقها للأغلفة المحيطة به.

ولما كانت العوامل الوراثية تلعب دورا فى الإصابة بمرض الزهايمر فإن العلماء يحاولون منذ سنوات العمل على التخفيف من الاضطرابات الناتجة عن تحلل الأنسجة العصبية من خلال العلاج الجينى (Gene Therapy) الذى يتم فيه إدخال الدنا إلى الخلايا العصبية مما يسمح لها بتخليق بروتيناتها العلاجية بنفسها، وطبعا الهدف الأساسى من العلاج الجينى هو توفير الأليلات الناقصة بدلا من الأليلات الطافرة. وقد كان يتم إدخال الجينات سابقا بواسطة الفيروسات إلا أن التقدم العلمى أدى إلى استخدام حوامل غير فيروسية منها الحبيبات النانوية وهو ماسيتم الإشارة إليه لاحقا عند مناقشة أسلوب التوصيل الموجه للدنا بواسطة تكنولوجيا الدنا المدمجة مع الحبيبات النانوية.

● **الطب التجديدى :**

بدأ العلماء فى عدة مراكز علمية فى حقن الخلايا الجذعية فى المخ على أمل تحولها إلى خلايا عصبية لعلاج الأمراض الناتجة عن تحلل خلايا الجهاز العصبى المركزى مثل مرضى الزهايمر وباركنسون. وقد توصل فريق من العلماء فى جامعة كاليفورنيا بقيادة ماثيو بلورتون ـ جونز (Mathew Blurton-Jones) وفرانك لافيرلا (Frank LaFerla) إلى طريقة لاستخدام الخلايا الجذعية فى علاج مرض الزهايمر للمرة الأولى حيث تم استعادة الذاكرة لفئران التجارب التى تم تعديلها وراثيا لتصبح مريضة بالزهايمر بعد شهر من حقن الخلايا الجذعية فى مخ الفئران. ولمعرفة الدور الذى تقوم به الخلايا الجذعية فى الشفاء من الزهايمر فقد قام العلماء بفحص مخ الفئران التى تم علاجها وكم كانت دهشتهم كبيرة عندما وجدوا أن ٦٪ فقط من الخلايا المحقونة هى التى تحولت إلى خلايا عصبية، ولذا فقد توصل الفريق البحثى إلى حقيقة أن استعادة الإدراك لم يكن نتيجة لتحول الخلايا الجذعية إلى خلايا عصبية ولم يكن نتيجة لخفض ترسبات بيتا أميلويد فى المخ، بل حدث ذلك من خلال إفراز الخلايا الجذعية لبروتين خاص يسمى عامل المحافظة على الخلايا العصبية (Brain-Derived Neurotrophic Factor) يعمل عل تخليق العديد من التشابكات العصبية كما يحسن من الوظيفة الإدراكية.

وفى جامعة نورث ويسترن الأمريكية قدم الدكتور صمويل ستيوب (Samuel Stupp) مدير معهد النانوبيولوجى عرضا مثيرا لما يمكن أن تقدمه النانوتكنولوجى فى الطب التجديدى حيث تم استعادة الفئران التى أصيبت معمليا بالشلل من خلال إتلاف الحبل الشوكى مقدرتها على المشى على أطرافها الخلفية بعد ستة أسابيع من حقنها بمواد نانوية مفصلة لهذا الغرض أدت إلى تجدد الخلايا العصبية التالفة (مرجع رقم ٥١).

قام ستيوب ومعاونوه بتفصيل جزيئات من مواد نانوية تقوم بالتجمع الذاتى بمجرد حقنها فى الدم بسرنجة عادية منتجة أليافا نانوية يتم تقييدها فى

منطقة معينة لتنشيط بعض العمليات الحيوية مثل الحفاظ على الخلايا المتمايزة الناتجة من نشاط الخلايا الجزعية.

٣ـ منع الإصابة بمرض الإيدز

يقدر عدد الأشخاص المصابين بمرض الإيدز بأربعين مليونا على مستوى العالم وهذا العدد يتزايد عاما بعد آخر بمقدار مليون كل عام، وتعتبر العلاقات الجنسية وعيادات الأسنان من الأسباب الرئيسية فى انتقال هذا المرض لذا فإن السلاح الأفضل المتاح حاليا للوقاية من هذا الانتقال هو استخدام العوازل كالواقى الذكرى (Condom) أثناء المعاشرة الجنسية وواقى الأسنان (Dental Dams) عند الحاجة لطبيب الأسنان بالرغم من أنهما ليسا كفيلين بتحاشى الإصابة بنسبة مائة فى المائة حيث هناك احتمالية لتمزق هذه العوازل أثناء الاستخدام.

حديثا أنتجت إحدى الشركات الأسترالية تسمى ستارفارما هولدنج المحدودة (Starpharma Holdings Limited) واقيًا هلاميًا على هيئة جل (Liquid Condom) للاستخدام الموضعى سمى فيفاجل (VivaGel) يمكنه منع انتقال مرض الإيدز (والأمراض الأخرى التى تنتشر أثناء الاتصال الجنسى مثل الهربس والكلاميديا). بوضع هذا الجل فى المهبل قبل المعاشرة الجنسية فإنه يرتبط بالمستقبلات الموجودة على سطح الفيروس المسبب للإيدز مما يجعله غير قادر على الإرتباط بخلايا T وهى أحد أنواع كرات الدم البيضاء المسئولة عن المناعة الخلوية.

التقنية النانوية التى تقف خلف هذا الجل هى جزيئات الدندريمرات. جزىء الدندريمر يتم تصنيعه على مراحل حيث يتم فى البداية تصنيع القالب الذى يخرج منه فى المراحل التالية الفروع المميزة له التى تخفى بداخلها الدواء مما يجعلها واعدة ككبسولات ذكية لتوصيل الدواء خصوصا وأن هذه الدندريمرات يمكن تصميمها لإطلاق محتواها من الدواء تحت ظروف محددة سلفا. فى حالة

الواقى الهلامى المستخدم لمقاومة انتقال مرض الإيدز فإن الدندريمرات نفسها هى التى تقاوم انتقال الفيروس وليس الدواء المخفى بين فروعها بالتصاقها للمستقبلات على سطح الحبيبات الفيروسية، هذا الفيفاجل تم تجريبه بنجاح على الرئيسيات(٧) كما تمت المراحل الأولى لتجريبه على الإنسان أيضا بنجاح مما يعطى الأمل ببدء تسويقه تجاريا فى أقرب وقت.

٤ ـ التوصيل الموجه للدواء

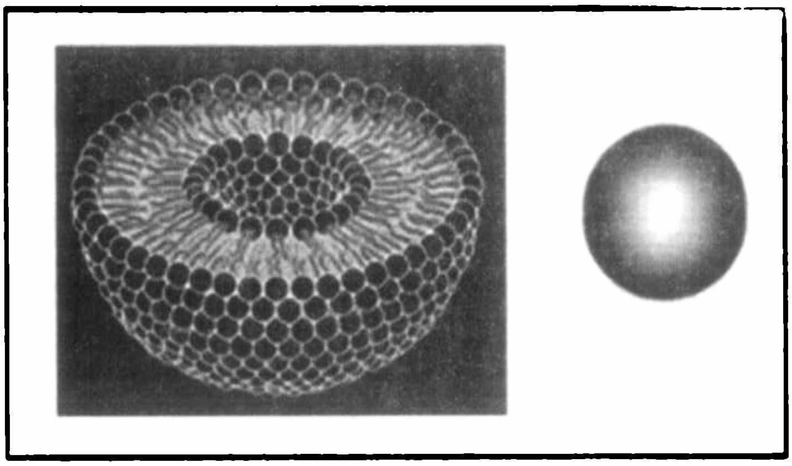
توفر النانوتكنولوجى الآن العديد من التقنيات الجديدة لتوصيل الدواء حسب الطلب أى إلى عضو أو نسيج معين فى الجسم. ومن المسلم به أن الدواء كى يكون فعالا فإنه يحتاج إلى الحفاظ على مكوناته فى حالة فعالة أثناء رحلته للوصول للهدف المحدد له فى الجسم.

إن أى نظام لتوصيل الدواء يجب أن يؤثر إيجابيا على معدل امتصاص وتوزيع وأيض وإخراج الدواء فى الجسم. هذا النظام يجب أن يسمح بارتباط الدواء بالمستقبل الخاص به فى المكان المستهدف. كما يجب أن تكون هناك قيود صارمة على المواد المستخدمة فى توصيل الدواء وعلى عمليات إنتاجها. فهذه المواد يجب أن تكون متوافقة مع الدواء وأن ترتبط به ببساطة ويسر كما يجب أن تتميز بسهولة التخلص منها بعد أداء مهمتها بأن تتحلل مثلا إلى أجزاء صغيرة يمكن تمثيلها غذائيا أو إخراجها من خلال منافذ الإخراج الطبيعية فى الجسم.

أ ـ توصيل الدواء المغلف:

أكثر تطبيقات النانوتكنولوجى فى الطب هو إمكانية التوصيل الموجه للدواء باستخدام طرق التغليف النانوية التى يتم تصميمها لإطلاق الدواء منها فى المكان والزمان الصحيحين. ومما لا شك فيه فإن الليبوسومات وحيدة الصفيحة التى تسمى نانوسومات (Nanosomes) تمثل أكثر أنظمة توصيل الدواء دراسة وتطورا. النانوسومة ما هى إلا حوصلة كروية تتركب من طبقة مزدوجة من

الفوسفوليبيدات والكوليسترول وتشبه إلى حد كبير تركيب الأغشية البلازمية (شكل ٢١)، وتستطيع النانوسومات المحقونة فى تيار الدم أو المستعملة موضعيا على الجلد الوصول إلى المكان المحدد لها وإفراغ حمولتها من الدواء إلى الخلايا المستهدفة.



شكل ٢١- الشكل العام للنانوسوم إلى اليمين ورسم تخطيطى إلى اليسار يوضح طبقاتها (الرسم التخطيطى منقول من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامه دون قيود تحت بند Public domain مع تعديلات طفيفة للمؤلف)

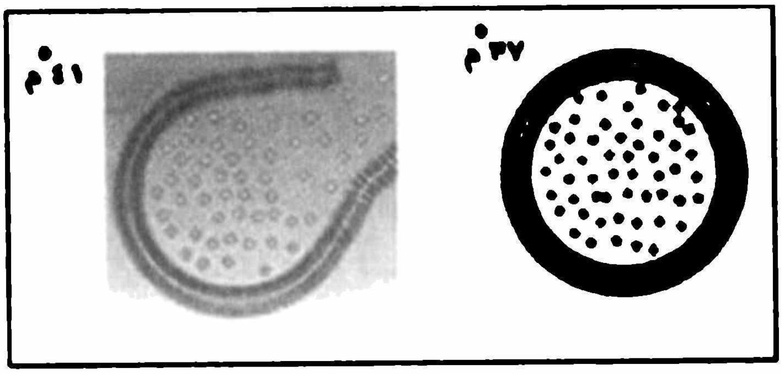
تتميز النانوسومات بعدة مزايا أهمها أنها:

أ - خاملة بيولوجيا ومتوافقة مع الأنظمة الحيوية ولا يتسبب عنها أى تفاعلات غير مرغوبة سامة أو مناعية.

ب - تعمل على عدم تعرض الأعضاء غير المستهدفة للدواء وبالتالى تقلل سمية الدواء على الجسم.

جـ - تؤمن وصول المواد التى تفقد نشاطها فى البلازما إلى مكان تأثيرها فى صورة مغلفة.

د - تطلق محتوياتها من المركبات العلاجية عند رقم هيدروجينى معين أو درجة حرارة معينة، وفى الحالة الأخيرة تسمى النانوسومات الحساسة للحرارة (شكل ٢٢) حيث تظل محكمة الغلق طالما أن درجة الحرارة أقل من الدرجة المحددة لفتح غلافها.



شكل ٢٢- تغليف الدواء فى النانوسومات الحساسة للحرارة عند درجة حرارة الجسم، وتفتح فقط بعد تعرضها لشعاع ليزر يرفع درجة إلى ٤١°م

(الرسم منقول من بحث فوللر وآخرين مرجع رقم ٢٦ بتصريح من الناشر :
(Drug Development & Delivery)

ب. توصيل الدنا المغلف:

لأكثر من عشرين عاما والباحثون يعملون على علاج الأمراض من خلال العلاج الجينى الذى يتضمن إدخال الجينات إلى الخلايا مما يمكنها من إنتاج بروتيناتها العلاجية. ومن أمثلة هذا الاتجاه إدخال الجين المسئول عن إنتاج عاملى تجلط الدم رقم VIIIورقم IX لعلاج أحد أمراض سيولة الدم هو الهيموفيليا (Hemophilia) حيث تعتبر الهيموفيليا نموذجا جيدا لدراسة هذا النوع من العلاج كونه يحدث نتيجة عيب فى جين واحد.

يعتبر إدخال جزيئات الدنا عبر الأغشية البلازمية من المراحل الحرجة والأساسية أثناء العلاج الجينى للخلايا البشرية، ومن الطرق التقليدية لإدخال هذه الجزيئات ربطها لبعض الحوامل الفيروسية المعدلة وراثيا لتتمكن من حمل الدنا البشرى مثل الفيروسات الارتجاعية (Retroiviruses) لتقوم بهذه المهمة نظرا لقدرتها على دمج نفسها فى المحتوى الجينى للخلايا التى تصيبها إلا أن ذلك ينطوى على مخاطر جسيمة؛ حيث إن هذه الفيروسات قد تسبب أضرارا بالغة للخلايا نتيجة لارتباطها العشوائى بالكروموسومات مما قد يؤدى إلى ظهور أمراض خطيرة كالإيدز مثلا. وبالرغم من قيام العلماء بقطع شوط طويل فى محاولات ترويض هذه الفيروسات بالتخلص من الأجزاء المختصة بالأمراض

إلا أن النجاح الكامل لم يتحقق بعد مما ترك الباب مفتوحا أمام البحث العلمى للوصول إلى نواقل جينية ذات كفاءة عالية وآمنة تماما، وأحد أسباب عدم النجاح هذا هو أن جهاز المناعة فى جسم الإنسان ينتج استجابات مناعية قوية ضد هذه الفيروسات الغازية.

وقد أتاحت التقنيات الحديثة للتكنولوجيا النانوية المجال لتوصل بعض الباحثين إلى طريقة فعالة وآمنة تماما لا تعتمد على الفيروسات لتوصيل الجينات السليمة باستخدام الحبيبات النانوية التى تندمج مع جزيئات الدنا ناقلة إياها إلى داخل الخلية دون حدوث أى تفاعلات مناعية وتسمى تلك الطريقة تكنولوجيا الدنا المدمجة مع الحبيبات النانوية .(Compacted DNA Nanoparticles)

جـ - الفارماسيت: (Pharmacyte)

كما ذكر من قبل فإن وسيلة توصيل الدواء يجب أن تكون قابلة للتوجيه ليس فقط لعضو أو نسيج معين بل أيضا إلى نوع معين من الخلايا بداخل العضو أو النسيج. أكثر من ذلك فإن هذه الوسيلة يمكن أن تكون قابلة للتوجيه إلى جميع الخلايا فى العضو أو النسيج التى تتميز بمزايا محددة، كما أنه من الضرورى أن تكون متوافقة وموثوقًا بها بنسبة ١٠٠٪ مع كافة جزيئات الأدوية وتوصيلها إلى الخلايا المستهدفة فقط وبالتالى ضمان عدم تأثر الخلايا الأخرى.

إن وسيلة توصيل الدواء المثالية يجب أن تظل تحت السيطرة الكاملة للطبيب المشرف حتى بعد حقنه فى الجسم حيث يصبح بإمكان الطبيب تنشيطها أو تثبيطها باستخدام وسيلة التحكم عن بعد، كما يجب أن يتمكن من تعديل ميكانيكية وظروف عملها، كما يجب التمكن من إزالتها من الجسم سليمة بمجرد الانتهاء من العلاج دون أن تترك خلفها أى دليل على وجودها.

كل هذه الخصائص يتميز بها نظام توصيل الدواء الموجه المتحكم فيه من خلال روبوت نانوى يعرف باسم الفارماسيت، وهو نظام يتم التحكم بدقة فى انتقاله وتوقيته ووجهته حتى يتم إنجاز المهمة المطلوبة منه حتى لو كانت توصيل الدواء لخلية معينة دون الخلية المجاورة لها فى نفس النسيج، ولسد الفجوة

المعلوماتية الموجودة بين تقنيات الحبيبات النانوية المتاحة حاليا وتقنيات الروبوتات النانوية المستقبلية فإن الكثير من البحوث يجب إنجازها. ومن المتوقع أن يتم التوصل فى خلال السنوات القليلة القادمة إلى أولى خطوات إنجاز هذا النظام الروبوتى للتوصيل الموجه الدواء.

د- الخلايا الصناعية:

أدى وجود بعض المشكلات التقنية مثل استهداف الحبيبات النانوية لنسيج أو عضو فى داخل الجسم، ونقل الدواء غير المستقر والتحكم فى جرعة الدواء المحمول على الحبيبات النانوية إلى قيام العلماء بخطوة أكثر إلى الأمام، فبدلا من توصيل الدواء المصنع خارجيا إلى الجسم اقترح هؤلاء العلماء استخدام مايسمى الخلايا الصناعية (Artificial Cells) أو التركيبات الشبيهة بالخلية (Cell-like Structures) أو الخلايا الكاذبة (Pseudo-cells) التى تعمل كمصانع نانوية لإنتاج الكميات المناسبة من الدواء باستخدام المواد الخام المعدة سلفا بداخل الجسم. يقترح هذا الاتجاه الجديد إمكانية إدخال الآلات الجزيئية إلى داخل الجسم لتحويل المواد الكيميائية الموجودة فى الخلية إلى مركبات علاجية أو تقوم بتحويل الجزيئات التى لا يستطيع المريض معالجتها نتيجة للحالة المرضية إلى مركبات أخرى يمكن للجسم معالجتها واستخدامها.

يتوقع بعض الباحثين مثل فيليب لى دوك (Philip LeDuc) الأستاذ المساعد فى جامعة كارنيجى ميلون[٨] (Carnegie Mellon) إمكانية استخدام الخلايا الصناعية لعلاج الأمراض دون استخدام الأدوية الخارجية. نشأت هذه الفكرة بين علماء من تخصصات مختلفة تشمل البيولوجى والكيمياء والهندسة أثناء حضورهم المؤتمر الذى نظمته الأكاديمية الوطنية الأمريكية ومؤسسة كيك[٩] (Keck) كاتجاه جديد لعلاج الأمراض فى المستقبل. يلخص لى دوك فكرة هذا الاتجاه بأنه "استخدام الجزيئات المتاحة لتخليق مصانع الخلايا الكاذبة التى لديها القدرة على استهداف وعلاج الخلايا من مسببات الأمراض أيا ما كانت"، ويضيف "إن الخلايا البشرية تشبه العاصمة النشطة و دورنا هو توصيل الطاقة لتقوم الخلية بإنجازالعمليات الأساسية المختلفة لشفاء نفسها.

ولأن الخلية تعتبر جهازا كفئًا يعمل بشكل مدهش كمنشأة صناعية صغيرة جدا، فإن لى دوك وفريقه البحثى قاموا بالتخطيط لاستخدام حزمة من الأجزاء المجهرية المحكمة التنظيم لتحسين العلاج الطبى للأمراض التى تصيب الجسم البشرى. وقد اقترح استخدام بعض العضيات فى الخلية كالأغشية البلازمية لتخليق بيئة وظيفية مغلقة تعمل كمصنع نانوى، وباستخدام بعض العمليات التى تحاكى العمليات البيولوجية فى الخلية فإنه يمكن للخلية الكاذبة الناتجة استهداف وتحوير وتوصيل الدواء الذى يحتاجه الجسم ليعمل بكفاءة.

وعلى النقيض من الوسائل التقليدية التى تتضمن تكرار توصيل الدواء إلى الجسم فإن لى دوك وفريقه البحثى اقترحوا استغلال الجزيئات الموجودة مسبقا فى الخلايا البشرية والعمل على تحوير هذا النظام النانوى لإنتاج المواد العلاجية الناقصة فى الجسم لعلاج الأمراض التى تصيبه.

فى عام ٢٠٠٦ تم تأسيس شركة تكنولوجيا الخلايا الصناعية الأمريكية (Antifical Cell Techndogles, Inc., ACT) فى ولاية كونيكتيكت للتسويق التجارى لتطبيقات تكنولوجيا الأغشية النانوية العديدة الطبقات. كانت البداية عام ٢٠٠١ فى جامعة لويزيانا للتكنولوجيا عندما تمكن قسم التكنولوجيا بقيادة الدكتور دونالد هاينى (Donald Haynie) من التوصل إلى تقنية لتصميم وتشييد أغشية نانوية عديدة الببتيد متعددة الاستعمالات بتجميع الطبقات واحدة فوق الأخرى. تسمح هذه الطريقة عمليا بتخليق الأغشية النانوية على سطح أى شكل أو حجم لتكون غطاء على الأسطح المستوية أو تحيط بالحبيبات لتكوين كبسولات ميكرونية أو نانوية الحجم، وقد تم الحصول على حق الملكية الفكرية لهذه التقنية الجديدة.

أولى التطبيقات التى قامت بها الشركة كانت الكبسولات الصناعية المعتمدة على تقنية الأغشية النانوية أو ما يسمى الخلايا الصناعية التى تحاكى الخلايا الحية من أجل تصنيع كرات الدم الحمراء القادرة على نقل الدم لاستخدامها فى عمليات نقل الدم إلا أن تلك المحاولات فشلت وأدى ذلك إلى فتور الاهتمام بها حتى تلاشى تقريبا ومن ثم تم تجميد هذا العمل مؤقتا.

قررت الشركة بعد ذلك استغلال خبرتها المكتسبة فى هذا المجال فى تصنيع فيروسات مناعية لاستخدامها فى إنتاج لقاحات صناعية للأمراض التى يصعب إنتاج لقاحات لها بالطرق التقليدية حيث يوفر تخليق الخلايا الصناعية منصة متحكم فيها لإضافة بعض الوظائف التى لا يمكن إضافتها للخلايا الحية. وقد قامت الشركة بتسجيل براءة اختراع لتطوير لقاحات جديدة مصممة طبقا لاحتياج شخص بعينه باستخدام منصة من أغشية نانوية عديدة الببتيد. ولقد تم استخدام تلك المنصة الغشائية النانوية لتصنيع كبسولات أو خلايا تحاكى الخلايا الحية الفعلية وعلى وجه الخصوص فيروسات صناعية تحاكى الفيروسات الممرضة.

لقد أنجزت تلك الشركة اتجاها جديدا تماما لإنتاج اللقاحات أدى إلى التغلب على بعض المشكلات التقنية التى منعت تخليق لقاحات فعالة وآمنة لبعض الأمراض فى الماضى، هذه التقنية الجديدة تحاكى بشكل كامل الصفات المناعية للكائنات الممرضة وفى نفس الوقت تتحكم فى المسارات الجزيئية والبيولوجية للاستجابة المناعية. بالإضافة إلى ماسبق فإن تقنية لقاح الفيروس الصناعى تتميز بميزات إضافية مثل سرعة تخليق اللقاح دون الحاجة للحيوانات أو البيض أو مزارع الأنسجة وهى ماتحتاجه الطرق التقليدية مما يمنع تلوث المنتج وثباته عند درجة حرارة الغرفة دون الحاجة إلى التخزين تحت ظروف التبريد، وقد نالت هذه التقنية الاهتمام وبالفعل فقد تم الاقتراب من مرحلة التجريب الإكلينيكى.

٥. الدواء الذكـــى

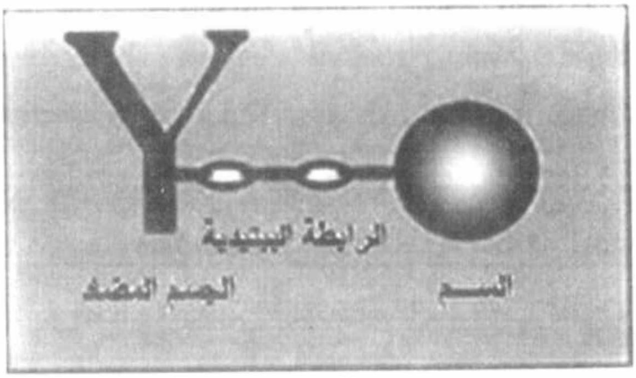
الدواء الذكى (Smart Drug) هو الدواء الذى ينشط فقط تحت ظروف معينة. وفى هذا الخصوص سوف نستعرض فى عجالة مثالين للأدوية الذكية. المثال الأول هو ما قام به العالم اليابانى يوشيهيسا سوزوكى (Yoshihisa Suzuki) فى جامعة كيوتو الذى قام بتصميم جزىء دوائى جديد ينطلق منه المضاد الحيوى عند تعرض الجسم للعدوى فقط. بدأ سوزوكى بالمضاد الحيوى المعروف

جنتاميسين حيث قام بربطه إلى الجل المائى [١٠] (Hydrogel) المستخدم كضمادة برابطة ببتيدية يمكن تكسيرها بفعل إنزيم البروتينيز المنتج بواسطة البكتيرة سالبة الجرام سيدوموناس إيروجينوزا (*Pseudomonas aeruginosa*) التى تسبب التهابات الجلد وعدوى المجارى البولية والتهاب بصيلات الشعر والتهاب الأذن الخارجية فى الإنسان.

وقد أظهرت الاختبارات التى تمت على الفئران عدم انطلاق المضاد الحيوى من الجل الموضوع على الجرح فى غياب البكتيريا المشار إليها سابقا، أما فى وجودها فإن إنزيم البروتينيز المنتج منها يحطم الرابطة الببتيدية مطلقا الجنتاميسين الذى يقتل البكتيريا الغازية.

ومن المهم هنا الإشارة إلى أنه إذا أمكن استعمال إنزيم بروتينيز خاص بكل نوع بكتيرى فإنه يؤدى إلى إطلاق أنواع محددة من المضادات الحيوية من الضمادة نفسها يكون عملها تخصصيا. هذه التخصصية لها أهميتها الكبرى لتقنين استخدام المضادات الحيوية حيث إن الاستخدام الوقائى العشوائى لها له عيوبه ومخاطره من أهمها ظهور سلالات بكتيرية مقاومة للدواء.

أما المثال الثانى للأدوية الذكية فهو الخاص بالسموم المناعية (Immunotoxins) التى تنشط فى وجود الخلايا السرطانية فقط، ومما هو جدير بالذكر أن السم المناعى هو جزىء بروتينى مهجن تم هندسته من جزيئين بروتينيين مختلفين من السم والجسم المضاد مرتبطين بالرابطة الببتيدية (شكل٢٣).



شكل ٢٣- ارتباط الجسم المضاد والسم لتكوين السم المناعى

من المعلوم أنه أثناء العدوى البكتيرية تقوم البكتيريا بإنتاج السموم البروتينية بشكل طبيعى وإطلاقها فى مكان العدوى مما يؤدى إلى ارتباط هذه البروتينات السامة بسطح خلايا العائل ثم تخترقها ومن ثم قتلها، ومن ناحية أخرى فإن الأجسام المضادة وهى أيضا بروتينات ينتجها جهاز المناعة للتعرف والارتباط بالمواد الخارجية التى تهاجم الخلايا بشكل تخصصى.

يتم تصنيع جزىء السم المناعى بربط جزء من الجين المسئول عن تخليق السم بجزء من الجين المسئول عن تخليق الجسم المضاد الذى يتعرف على الصفات المميزة على سطح الخلايا السرطانية. هذا الارتباط يؤدى إلى تكون جين جديد يؤدى إلى تخليق الجزىء الهجين المطلوب الذى يرتبط فقط إلى سطح الخلايا السرطانية بتوجيه من الجسم المضاد ومن ثم اختراق تلك الخلايا وقتلها بفعل الجزء السام فيه.

تمت أولى التجارب التطبيقية على الفئران وفيها ثبت نجاح هذا الجزىء الهجين فى التخلص من أنواع محددة من الأورام، وتلى ذلك تجربة قام بها علماء البيولوجى بقسم العلوم الأساسية بالمعهد القومى للأورام فى بيثيسدا (Bethesda) أوائل عام ٢٠٠٠ بتصنيع جزىء سم مناعى من جزء من السم الخارجى للبكتيرة سيدوموناس (*Pseudomonas*) وتم تجربته على مريض بسرطان الدم ووجد أن هذا السم المناعى يمتلك مقدرة جيدة على التخلص من الخلايا السرطانية من النوع B (هى الخلايا التى لديها المقدرة على إنتاج الأجسام المضادة).

٦- العظم الصناعى

كسورالعظام وتمزق الأربطة والإصابات كلها أنواع تستدعى استعمال أنسجة وأجهزة بديلة أو استعمال عظم طبيعى بشكل مؤقت وآمن. فى بعض الحالات يمكن استخدام العظم الطبيعى من أماكن مختلفة فى الجسم إلا أن ذلك المصدر يكون محدودا للغاية، كما أنه فى بعض حالات تحلل العظام يصبح أخذ العظام من أماكن أخرى فى الجسم غير فعال حيث إن تلك العظام لاتكون بالقوة والمتانة

المطلوبة. إن الحاجة للقوة يفسر كون معظم الأجهزة المدعمة للعظام معدنية بالرغم من أن المسامير والدبابيس والصفائح المعدنية يمكن أن تسبب التهابات كما أن نمو العظام حول هذه المعادن لا يكون بنفس درجة نموها الطبيعية، بالإضافة إلى ذلك فإن الإحساس بعدم الراحة نتيجة وجود هذه الأجزاء المعدنية يستدعى أيضا مراجعة جراح العظام لنزعها بعد اكتمال التئام العظام ومن هنا أصبحت الحاجة ماسة إلى إيجاد بدائل ملائمة للعظام الطبيعية.

البدائل المثالية للعظام الطبيعية يجب أن تتميز بصفات كثيرة أهمها عدم التمييز بينها وبين العظام الطبيعية، كما أن الجسم يجب أن يتمكن من تحليلها وامتصاصها بعد أداء مهمتها وتكون العظام الطبيعية التى تحل محلها.

من المشروعات البحثية التى تدور حاليا حول استخدام التكنولوجيا النانوية فى إصلاح أو تجديد العظام المتحللة ذلك المشروع الأوروبى المسمى نانوبيوكوم (European Nanobiocom) الذى يهدف إلى إنتاج بدائل لأنسجة العظام يمكنها القيام بنفس وظيفة العظام الطبيعية السليمة وهذا الهدف النهائى ليس هدفا بسيطا فالعظام الصناعية يجب أن تمكن المريض من متابعة نشاطه الطبيعى مع أقل قدر من عدم الراحة أو المشقة. هذه البدائل يجب أن تمتلك نفس حجم وشكل العظام الطبيعية السليمة، ولذا فإن الباحثين يركزون على استخدام الحبيبات النانوية لإنجاز نسيج نانوى ذكى كبديل للعظام الطبيعية. وتجدر الإشارة هنا إلى أن العظام الطبيعية تحتوى على أملاح نانوية من الهيدروكسى أباتايت (Hydroxyapatite) بنسبة تصل إلى ٦٥٪ من وزنها بالإضافة إلى الكولاجين (Collagen) الذى يمثل حوالى ٢٥٪.

لقد قام العلماء من قبل بمحاولات كثيرة للحصول على العظام الصناعية بطرق متنوعة، إلا أن توجهاتهم تركزت حديثا على التوليفة النانوية Nano-composite) المكونة من البلورات النانوية للهيدروكسى أباتيت والكولاجين هذا الخليط الذى يعتبره العلماء المنافس الحقيقى للعظام الطبيعية.

ومن الطرق الحديثة للحصول على العظام الصناعية ماقام به فريق بحثى من الجامعة الوطنية فى سنغافورة (National University of Singapore) بقيادة سوزان لياو (Susan Liao) من خلال خلط الكربونات والكولاجين بتركيزات مختلفة للحصول على تركيب غير عضوى نانوى الحجم له مواصفات العظم الطبيعى. لقد قام الفريق البحثى السنغافورى بدراسة تأثير تغير تركيز كل من الكربونات والكولاجين على مواصفات الناتج النهائى (معقد الهيدروكسى أباتيت النانوى) ووجد أن زيادة تركيز الكولاجين فى الخليط تؤدى إلى تكون بللورات نانوية صغيرة أما زيادة تركيز الكربونات فتؤدى إلى تكون بللورات مسطحة-Plate (like crystals) تتحول تدريجيا إلى الشكل الإبرى وفى النهاية إلى شكل الحبيبات الكروية وهو نفس طريقة تكون العظام الطبيعية.

لقد أصدرت هيئة الأغذية والدواء الأمريكية (FDA) موافقتها عام ٢٠٠٥ على إنتاج عظام مصنعة من البللورات النانوية للهيدروكسى أباتيت تتميز بمقدرة الجسم على تحليلها وامتصاصها بعد انتهاء مهمتها وفى الوقت نفسه تتميز بقوة الصلب الذى لا يصدأ (ستانليس ستيل) حيث تعزى تلك القوة الرائعة إلى الحجم الصغير للبللورات النانوية الذى يسرع أيضا من الشفاء.

٧ ـ الروبوت النانوى داخل أجسامنا

تخيل أنك ذهبت للطبيب لمعاناتك من بعض الآلام وبدلا من أن يعطيك الدواء فى صورة كبسولات أو شراب أو حتى حقن وريدية أو عضلية فإذا به يزرع إنسانًا آليًا دقيقًا هو الروبوت النانوى فى تيار دمك للبحث عن سبب الألم والتعامل معه مباشرة. طبعا ستصيبك الدهشة والانزعاج معا. وفى الحقيقة فنحن لسنا بعيدين جدا من رؤية تلك الآلات النانوية واستخدامها فى العلاج الطبى حيث يقوم العلماء الآن حول العالم بتصميمها لتقوم بعلاج كل شىء بدءا من نزف الدم وحتى السرطان.

هذه الروبوتات النانوية سوف تكون صغيرة جدا لتتمكن من المرور فى الأوعية الدموية من أوردة وشرايين وشعيرات دموية، كما ستتمكن من حمل الدواء أو الآلات الجراحية النانوية التى قد تستعمل لإجراء عمليات جراحية، ومن الطبيعى ألا تمكث هذه الروبوتات النانوية فى جسم المريض بعد أداء مهمتها ولذا سيكون عليها الخروج من المنافذ الطبيعية للجسم بعد أداء عملها. سوف تتحرك هذه الروبوتات العلاجية بواسطة أسواط، كما ستكتسب الطاقة اللازمة لنشاطها من مصادر خارجية، أو داخلية، بعض التصاميم تعتمد على جسم المريض لتوليد الطاقة التى تحتاجها وفى التصاميم الأخرى يتم تزويد الروبوت النانوى بمصدر صغير للطاقة.

يرى علماء الطب النانوى المتخصصون فى مجال الروبوتات النانوية أن هذا الفرع من النانوتكنولوجى سوف يقدم فى المستقبل القريب "روبوت نانوى" يتحرك داخل الجسم البشرى مجمعا المعلومات وقائما بإجراء بعض الإصلاحات البسيطة. ومن المتوقع أن تقوم تلك الروبوتات النانوية فى حال تحقق هذا الحلم باكتشاف وتكسير حصوات الكلى وتسليك الأوعية الدموية مما فيها من ترسبات تؤدى إلى انسدادها كما فى حالة تصلب الشرايين أو تقوم بتوصيل الدواء إلى أنسجة الأورام.

علاج الأمراض الجلدية سيتم باستخدام كريم يحتوى على تلك الروبوتات النانوية حيث سيصبح بالإمكان التخلص من الطبقات الميتة من الجلد والتخلص من الزيوت الزائدة أو تزويد الجلد بما ينقصه من زيوت أو مواد مرطبة، كما أنه سيصبح بالإمكان تنظيف أعماق المسام فى الجلد.

سيصبح بالإمكان أيضا التخلص من البكتيريا الضارة من الفم مع إنعاش البكتيريا النافعة عند استخدام غسول فمى يحتوى على روبوتات نانوية ذكية تميز بين النوعين من الكائنات الدقيقة، كما ستتعرف هذه الروبوتات الذكية على بقايا الغذاء والجير والتسوس فى الأسنان وستقوم بإزالتهما.

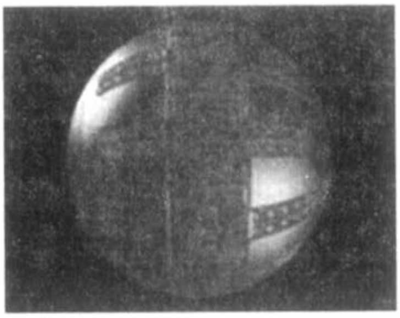
بعد أجيال قليلة من الآن سيتم علاج السرطان باستخدام الروبوتات النانوية، فبدلا من العلاج الكيميائى وما يسببه من إتلاف للخلايا السليمة مع الخلايا السرطانية بالإضافة للآثار الجانبية المؤلمة نفسيا كسقوط الشعر والتعب والغثيان والاكتئاب سيقوم الطبيب بحقن روبوت نانوى خاص فى جسم المريض يقوم بالبحث عن الخلايا السرطانية ويحطمها مخلصا إياه من المرض من منبعه دون أن تتأثر الخلايا السليمة وبدون أدنى ألم للمريض اللهم إلا شكة المحقن لإدخال الروبوت النانوى حيث إن المريض لن يشعر بما يدور بداخله أثناء قيام الروبوت النانوى بمهمته.

من الأمثلة المحتملة للروبوتات النانوية ماصممه روبرت فريتاس (Robert Freitas) مؤلف كتاب الطب النانوى ليعمل كماكينات صناعية تقوم بعمل خلايا وصفائح الدم كما يلى:

روبرت فريتاس

أ ـ كرات الدم الحمراء الصناعية : (Artificial Red Blood Cells)

تسمى كرات الدم الصناعية أيضا بالكريات التنفسى (Respirocytes) وهى ماكينات نانوية تم تصميمها للعمل على المستوى الجزيئى يتراوح قطر كل منها ٠,٢ إلى ٢ ميكرونى وتعمل ككرات دم حمراء صناعية تحمل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون فى الجسم، ويأخذ هذا الروبوت النانوى الذى يتكون من ١٨ بليون ذرة من الكربون مرتبة طبقا لنمط ترتيبها فى الماس الشكل الكروى (شكل ٢٤).



شكل ٢٤- إحدى الكريات التنفسية
(© 1999 Interworld Productions, LIC, with permission of Robert A. Freitas Jr."
- The artist is Forrest Bishop)
(بتصريح من كل من الدكتور روبرت فريتاس و Forrest Bishop - مرجع رقم ٢٢)

تعمل الكريات التنفسية على تبادل الغازات من خلال دوارات جزيئية تمتلك نهايات تمكنها من التقاط أنواع خاصة من الجزيئات. ولكل كرية تنفسية ثلاثة أنواع من هذه الدوارات: الأول يجمع جزيئات الأكسجين من الرئتين وينقلها إلى كافة خلايا الجسم أثناء رحلة الكريات التنفسية فى الجسم، والثانى يجمع جزيئات ثانى أكسيد الكربون من تيار الدم ويوصلها إلى الرئتين، أما الثالث فيأخذ جزيئات الجلوكوز من تيار الدم حيث يتم احتراقه من خلال تفاعلات كيميائية تشبه ما يحدث أثناء التنفس الخلوى وبذلك تتوفر الطاقة اللازمة لعمل الكريات التنفسية.

يمكن أن تعمل الكريات التنفسية كبديل مؤقت لخلايا الدم الطبيعية فبمجرد تصنيعها يتم ملؤها بالأكسجين وعندئذ تكون جاهزة للاستخدام. عند التعرض لحالة من حالات الطوارئ كالتعرض للغرق أو أى نوع من أنواع الاختناق يتم حقنها فى تيار دم الشخص المعرض للخطر حيث تتحرك بقوتها الذاتية فى كل مكان من تيار الدم كما تفعل كرات الدم الحمراء ومن ثم تطلق الأكسجين فى تيار الدم حتى تنتهى حالة الطوارئ. كما يمكن للكريات التنفسية أيضا تجميع ثانى

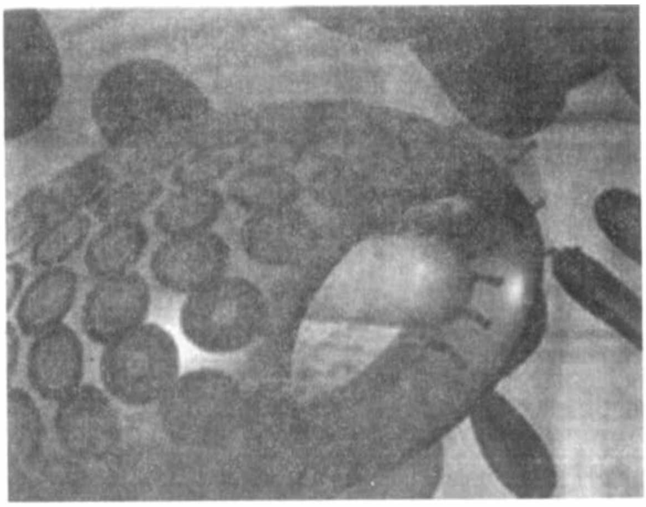
أكسيد الكربون والغازات السامة الأخرى من تيار الدم عند استنشاقها أو التعرض لها بأى صورة من الصور. ومن الاستعمالات الأخرى للكريات التنفسية استخدامها عند الغوص فى أعماق البحار دون الحاجة لأسطوانات الأكسجين التى يحملها الغواصون على ظهورهم أثناء الغوص.

هذه الكريات التنفسية يمكنها الإمساك بـ ٩ بلايين جزىء من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون أى ٢٣٦ ضعف مايمكن إمساكه بواسطة كرات الدم الحمراء مما يزيد من كفاءة عملية التنفس، وعند حقن جرعة معينة من هذه الروبوتات النانوية فإنها تمكن الإنسان من البقاء تحت الماء لمدة قد تصل إلى أربع ساعات أو العدو بأقصى سرعة لمدة ١٥ دقيقة دون الحاجة نهائيا إلى التنفس.

ب. كرات الدم البيضاء الصناعية : (Artificial White Blood Cells)

تسمى أيضا لاقمات الميكروبات (Microbivores) وهى مجموعة من الروبوتات النانوية الطبية (Medical Nanorobots) مصممة للعمل بداخل جسم الإنسان لمكافحة العدوى الميكروبية التى قد يتعرض لها الإنسان سواء كانت فيروسية أو بكتيرية أو فطرية حيث تكون هى خط الاستجابة الأول فى مواجهة التسمم الدموى الناتج عن إصابة الدم بتلك الكائنات الدقيقة. أبسط هذه اللاقمات تكون فى صورة جهاز صغير يتم حقنه وريديا ليقوم بمهاجمة تلك الميكروبات فى تيار الدم وهضمها ومن ثم لفظ نفاياتها (شكل ٢٥).

تتكون لاقمة الميكروبات التى تكون مفلطحة الشكل من ٦١٠ بلايين جزىء مرتبة ترتيبا دقيقا ويبلغ قطرها ٣,٤ ميكرون على امتداد محورها الرئيسى و ٢ ميكرون عل امتداد المحور الثانوى مما يمكنها من الدخول خلال أضيق الشعيرات الدموية التى يكون قطرها فى حدود ٤ ميكرون. وتحتوى لاقمة الميكروبات على فراغ داخلى يبلغ حجمه حوالى ١٢ ميكرونًا مكعبًا به حجرتان يبلغ حجمهما ٤ ميكرون مكعب.



شكل ٢٥- رسم توضيحى لإحدى لاقمات الميكروبات
(© 2001, Zyvex Corp. and Robert A. Freitas Jr., All Rights Reserved.
Additional design, Forrest Bishop)
(بتصريح من الدكتور روبرت فريتاس - مرجع رقم ٢٤)

تتلخص ميكانيكية عمل لاقمات الميكروبات فى قيام الخلايا الميكروبية المستهدفة كالخلايا البكتيرية مثلا بالالتصاق بسطح اللاقمة الميكانيكية مثل التصاق الذبابة بالمصيدة الورقية المصمغة بمادة سامة للقضاء عليها، وحينئذ تبرز كلابات آلية تليسكوبية من مستودعات على سطح اللاقمة لتأمين رسوها وارتباطها بالغشاء البلازمى للميكروب المستهدف ومن ثم يتم نقل الميكروب إلى الجزء الخاص بالهضم فى مقدمة اللاقمة النانوية حيث يتم هضمها باستخدام عدد كبير من الإنزيمات التى تفرز من خلال البرنامج الخاص بالروبوت النانوى ويلى ذلك طرد نواتج الهضم إلى تيار الدم من خلال مخرج يوجد فى مؤخرة اللاقمة.

تقوم هذه اللاقمات بعملها بسرعة فائقة حيث تبلغ طاقتها الإنتاجية فى هضم الميكروبات ٢ ميكرون مكعب فى الدورة الواحدة التى تستغرق ٣٠ ثانية، كما أن التخلص التام منها يتم فى دقائق أو حتى ساعات بالمقارنة بالأسابيع أو الشهور التى تحتاجها المضادات الحيوية.

ولما كانت هذه اللاقمات الناوية لا يزيد حجمها عن ٢ ـ ٣ ميكرون فإنها تكون أسرع فى أداء مهمتها بحوالى ألف مرة من المضادات الحيوية ومن كرات الدم البيضاء الطبيعية.

● ومن التصاميم الأخرى لكرات الدم البيضاء الصناعية مايمكن تسميته ماكينات المناعة (Immune Machines) وهى روبوتات نانوية تم تصميمها للعمل بداخل جسم الإنسان لديها مقدرة التعرف على الكائنات الدخيلة مثل البكتيريا والفيروسات والتعامل معها لكن بميكانيكية تختلف عن ميكانيكية عمل اللاقمات. هذه الماكينات سوف تتمكن من الرحيل مع تيار الدم والقيام بالكشف عن أى دخيل ومهاجمته واستبعاد أى شىء من المفترض عدم وجوده فى هذا المكان ولذلك أهميته فى التخلص من مسببات بعض الأمراض خصوصا فى الأفراد المصابين بأمراض نقص المناعة كالإيدز. هذه الروبوتات النانوية سوف يتم برمجتها بالمعلومات التى تمكنها من التمييز بين الأهداف الدخيلة وتلك التى لا تسبب أى أذى، وعندما تتعرف تلك الآلات على أى غزو خارجى فانها تثقب جداره أو غلافه الخارجى مما يؤدى إلى تسرب محتوياته وفقده لحيويته.

وتجدر الإشارة إلى أن تلك الآلات المناعية سوف تتمكن من التعرف على الأنواع المختلفة من الفيروسات ومن الخلايا السرطانية التى سوف تتعامل مع كل خلية منها مؤدية فى النهاية إلى التخلص التام من الورم السرطانى. ولمنع مهاجمة كرات الدم البيضاء للآلات المناعية تلك فإنه يجب تغطية سطح تلك الآلات بجزيئات للتعرف عليها حتى لا تبدو للجسم كأهداف غريبة.

جـ. الصفائح الدموية الصناعية: (Artificial Platelets)

نعلم جميعا أن الصفائح الدموية ماهى إلا كرات دم خالية من النواة كروية الشكل قطرها حوالى ٢ ميكرون تدوم عشرة أيام فى الدم ودورها التجمع فى مكان النزف للعمل على إيقافه عن طريق إغلاق الوعاء الدموى وإنتاج مواد تساعد على تكون الجلطة التى هى نتاج عملية معقدة تشارك فيها الصفائح الدموية وكرات الدم الحمراء والبيضاء والخلايا الطلائية والعديد من عوامل التجلط وبروتين الفيبرين وغيره وتستغرق فى الظروف العادية من دقيقتين إلى خمس دقائق.

يبلغ قطر الصفائح الدموية الصناعية التى تسمى أيضا كريات التجلط (Clottocytes) ٢ ميكرون أيضا ويمكنها الانتهاء من وقف النزيف فى أقل من

ثانية واحدة وبهذا فهى تقوم بذلك الدور بمعدل أسرع من الصفائح الطبيعية بمقدار من مائة إلى ألف مرة. وتحتوى كريات التجلط على شبكة مثقبة يتم طيها إلى الداخل وعند صدور الأمر لها من مركز التحكم الخاص بها يتم فرد هذه الشبكة فى جوار المكان الذى به الوعاء الدموى المصاب حيث يتم اصطياد كرات الدم فى هذا التشابك الاصطناعى المتكون ووقف النزيف.

٨. النانوبيوتيكس

من المعروف أن الكثير من أنواع البكتيريا الممرضة قد اكتسبت القدرة على مقاومة المضادات الحيوية المعروفة نتيجة للاستعمال غير المقنن للمضادات الحيوية أو لقيام العلماء بتحوير البكتيريا وراثيا لاستخدامها كسلاح بيولوجى لا يؤثر فيه المضادات الحيوية المعروفة، مما حدا بالعلماء والباحثين للعمل المستمر للبحث عن أنواع جديدة من المضادات الحيوية أو طرق جديدة للقضاء على البكتيريا الممرضة. ومن تلك الجهود ما توصل إليه فريق من العلماء الأمريكيين بقيادة ريزا غاديرى (Reza Ghadiri) مع زملائه فى معهد سكريبس للبحوث (Scripps Research Institute) فى لا جولا (La Jolla) بكاليفورنيا حيث أمكنهم إنتاج نوع من الأنابيب النانوية تقوم بدور المضادات الحيوية فى القضاء على البكتيريا القاتلة المقاومة للمضادات الحيوية التقليدية فى المعمل وفى حيوانات التجارب (شكل٤٣).

هذه الأنابيب التى تتكون كيميائيا من ببتيدات حلقية قطرها٢,٥ نانومتر (تسمى حلقات غاديرى Ghadiri Rings) كل منها من ستة أو ثمانية أحماض أمينية تتجذب كيميائياً إلى بعضها البعض عندما تصبح داخل الجدار الخلوى للبكتيريا وتجمع نفسها ذاتيا مكونة أنابيب طويلة مجوفة مثل أكوام من الإطارات الصغيرة للغاية فى أغشية الخلية حيث تثقب تلك الأغشية كما تعمل مجموعات الأنابيب المتجاورة معا لفتح مسام أكبر فى الجدار الخلوى البكتيرى وخلال دقائق معدودة تموت الخلية البكتيرية نتيجة لتشتيت الجهد الكهربى الخارجى لغشائها وتعرض تركيباتها الداخلية للظروف الخارجية وهو ما ينهى حياة الخلية عمليًا، وهذه الأنابيب هى التى يطلق عليها لفظ نانوبيوتيكس (Nanobiotics).

تدمج هذه الأنابيب الأحماض الأمينية الطبيعية مع غير الطبيعية أو المخلقة حيث أن لكل حمض أمينى شبيهين ضوئيين هما L & D ، الشبيه الأول (L يتكون طبيعيا بينما يخلق العلماء الشبيه الآخر (D) الذى هو صورة الأول فى المرآة، وبتكرار الأحماض الأمينية بشكل متبادل للنوع L مع نظيره من النوع D تمكن فريق غاديرى من تخليق خيوط من الأحماض الأمينية يمكن تشكيلها إلى حلقات ثابتة تتعشق مع بعضها البعض مكونة كومة منها. إن اختيار نوع الأحماض الأمينية هو الذى يؤدى إلى تعشيقها مع بعضها فباستخدام أحماض أمينية موجبة الشحنة أمكن لأنابيب الأحماض الأمينية النانوية التجمع على الأغشية البكتيرية السالبة الشحنة فقط دون تجمعها على أغشية الثدييات التى تكون متعادلة الشحنة.

فى التجارب المعملية وجد فريق غاديرى البحثى أن النانوبيوتكس يستطيع قتل البكتيريا المسببة لأنواع مختلفة من الأمراض دون أن تؤثر على كرات الدم الحمراء بأى أذى. ومن ناحية أخرى فعند إحداث عدوى لفئران التجارب بالبكتيرة العنقودية ستافيلوكوكس أورياس (*Staphylococcus aureus*) المقاومة للمضادات الحيوية واستخدام أنابيب الأحماض النانوية تلك وجد أنها تحمى الفئران من الأثر القاتل للبكتيرة دون أى آثار جانبية.

وقد وجد أن النانوبيوتكس يستهدف جزيئات خاصة فى الغشاء البلازمى للبكتيريا ومن الممكن للبكتيريا على المدى الطويل أن تنتج نوعًا من المقاومة له بتغيير شكل الجزيئات المستهدفة، واستعدادا لذلك يقوم العلماء بتغيير الأحماض الأمينية فى حلقات غاديرى لإنتاج أنواع لانهائية منها يمكن استخدام أى منها عندما تصبح البكتيريا مقاومة للنوع المستخدم.

وبالرغم من أن النانوبيوتكس لا يستخدم حاليا إلا عن طريق الحقن إلا أن غاديرى وزملاءه يعملون بقدر استطاعتهم على توفيره فى صورة أقراص أو كبسولات.

الفصل الثامن

النانوبكتيريا

النانوبكتيريا أوالبكتيريا النانوية (Nanobacteria) يقصد بها الحبيبات الكروية والبيضوية النانوية القياس التى تم اكتشافها حديثا وأحدثت جدلا كبيرا بين المتخصصين فى مجالى الميكروبيولوجيا والجيولوجيا تراوح بين اعتبارها مجرد تركيبات بللورية إلى كونها شكلاً جديدًا من الأحياء.

يتراوح قطر هذه البكتيريا النانوية بين ٥٠ و ٢٠٠ نانومتر (حوالى عشر قطر أصغر الأنواع البكتيرية المعروفة وجزء من الألف من حجمها) مما يثير تساؤلا مهماً مضمونه هل يمتلك كائن حى بتلك الأبعاد حيزا كافيا لتواجد المكونات الخلوية الضرورية للحياة كالبروتينات والأحماض النووية والليبيدات والماء؟ طلقد تم تقدير الحد الأدنى لهذا الحيز فى عام ١٩٩٨ فى ورشة العمل التى عقدتها الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم بـ ٢٠٠ ـ ٣٠٠ نانومتر بناء على احتياج الكائن الحى إلى حوالى ٢٥٠ ـ ٤٠٠ بروتين بالإضافة للجينات والريبوزومات اللازمة لتصنيعهم.

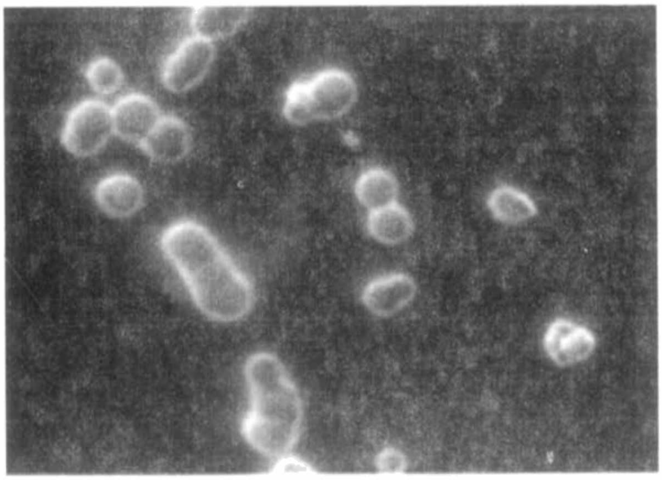
مازال كون النانوبكتيريا كائنات حية يطرح كموضوع جدلى ومرجع ذلك أن الادعاء بوجودها لم يمر عليه إلا قليل من الوقت كما أن حجمها لا يلبى الحد الأدنى المتفق عليه لخلية الأحياء،وقد تم وصفها بأنها مجرد نموات لبللورات غير حية وأنها أكثر صور الحياة سيادة على وجه الأرض.

كان الجيولوجى عالم الرسوبيات بجامعة تكساس روبرت فولك (Robert Folk) أول من اكتشف النانوبكتيريا عام ١٩٨٩ فى عينات الترافيرتاين (Travertine) وهو نوع من الحجر الجيرى تم تجميعه من نبع حار قرب فيتيربو (Viterbo) فى إيطاليا. وقد كان الاهتمام العلمى لفولك وقتها هو دراسة دور البكتيريا فى ترسب الترافيرتاين عندما تم اكتشاف أشياء صغيرة جدا أثناء فحص العينات بالمجهر الإلكترونى الماسح بدت له وكأنها بيولوجية الطبيعة.

روبرت فولك

فى عام١٩٩٢ كان أول عرض شفهى له أمام مؤتمر الجمعية الجيولوجية الأمريكية وفيه اقترح فولك أن تلك الأشياء الصغيرة جدا هى العامل الرئيسى فى ترسب جميع المعادن والبللورات على الأرض كما أنها هى السبب فى تأكسد المعادن وأنها تنتشر فى العديد من العينات البيولوجية.

ادعى فولك الذى لقب بأبى البكتيريا النانوية أن الأشياء المستديرة والأخرى المستطيلة التى يقل قطرها عن ٢و. ميكرون والتى تظهر فى الصور المأخوذة من الفحص بالمجهر الإلكترونى الماسح لعينات من التربة والرواسب الأرضية والمعادن والصخور (شكل ٤٤) ماهى إلا كائنات دقيقة جدا وصفها بأنها أشكال قزمية من البكتيريا، كما أطلق عليها اسم البكتيريا النانوية أو النانوبكتيريا دلالة على كونها أشياء حية أو بقايا منها.



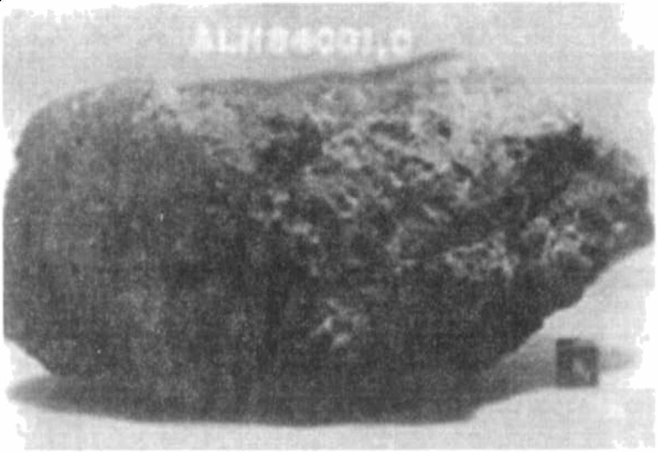
شكل ٢٦- صورة مجهرية للبكتيريا النانوية

(الصورة منقولة من بحث مارتل ويونج مرجع رقم ٣٥ بتصريح من الناشر : الأكاديمية الأمريكية للعلوم)

(© 2008 by The National Academy of Sciences of the USA)

وبالرغم من الاعتراضات على وجود البكتيريا النانوية من علماء الميكروبيولوجيا، والجيولوجيا،إلا أن العديد من الباحثين قاموا بدراسات حولها وعن التأثيرات المزعومة لها ونشروا نتائج دراساتهم فى مجلات علمية عالمية لها وزنها.

● فى ١٦ أغسطس عام ١٩٩٦ قام فريق بحثى من وكالة ناسا بقيادة دافيد ماكاى (David McKay) بنشر بحث فى مجلة Science (مرجع رقم ٣٦) عن اكتشافهم لتركيبات دقيقة جدا تشبه البكتيريا فى النيزك المريخى رقم ALH84001 (شكل ٢٧) - سميت فيما بعد البكتيريا النانوية أو النانوبكتيريا. (عند التأكد من أن هذه التركيبات هى فعلا لكائنات حية أو بقاياها المتحجرة فإن ذلك سيكون دليلا على وجود الحياة على سطح المريخ فى فترة ما من تاريخ الكوكب).



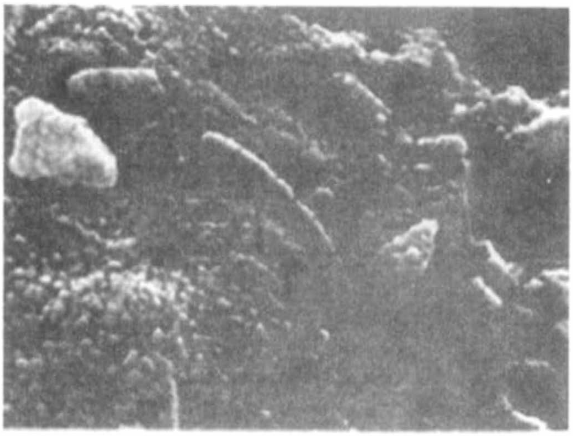
شكل ٢٧- النيزك المريخى رقم ALH84001
(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت بند Public domain)
(مصدر الصورة : وكالة ناسا NASA)

هذا النيزك الذى فى حجم كرة صغيرة يزن ١,٩ كجم ويتكون من صخور نارية تم العثور عليه عام ١٩٨٤فى تلال ألان الثلجية (Allan Hills) فى القارة المتجمدة الجنوبية (أنتاركيتيكا- Antarctica) بواسطة بعثة من برنامج نيازك أنتاركيتيكا فى المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم وتم حفظه للدراسة فى معمل حفظ النيازك بمركز جونسون للفضاء فى هيوستن.

لقد تم اكتشاف كريات معدنية من الكربونات فى هذا النيزك يعتقد أنها تكونت على المريخ قبل ٣,٦ مليون عام، وبدراسة تركيب وكيمياء هذه الكريات اقترح أنها تكونت بمساعدة كائنات بدائية شبيهة بالبكتيريا. بالإضافة إلى ذلك فقد تمكن الفريق البحثى بعد عامين من الدراسات المستفيضة من اكتشاف جزيئات عضوية وحفريات مجهرية بداخل تلك الكربونات، وقد كان قطر أكبر تلك الحفريات لا يتعدى جزءا من مائة من قطر شعرة الإنسان. لقد وجدت هذه التركيبات الشبيهة بالحفريات على امتداد الشروخ الموجودة فى النيزك بنفس طريقة تواجد الحفريات فى الحجر الجيرى على الأرض مع اختلاف الحجم بالطبع.

ولكن هل هذه الحفريات هى فعلا لكائنات بدائية تشبه البكتيريا أو مايطلق عليه الآن البكتيريا النانوية؟ هذا التساؤل لم يتم حسمه بعد بالرغم من

الدراسات المكثفة لبعض العلماء إلا أن ذلك فتح بابا جديدا للجدل العلمى بهدف التوصل إلى الحقيقة.



شكل ٢٨- صورة لحفريات محتملة لكائنات دقيقة فى النيزك المريخى عضوية طولها حوالى ١٠ ميكرون)
(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت بند Public domain)
(مصدر الصورة : وكالة ناسا NASA)

● فى شهر يوليو من عام ١٩٩٨ نشر العالمان الفنلنديان أولا فى كاجاندر (Olavi Kajander) والتركية الأصل نيفا سيفتسيوغلو (Neva Ciftcioglu) اللذان يعملان فى جامعة كوبيو (University of Kuopio) الفنلندية بحثا (مرجع رقم ٣١) فى المجلة التى تصدرها الجمعية الوطنية الأمريكية للعلوم (PNAS) أثار اهتماما علميا عالميا تضمن زرعهما للبكتيريا النانوية وعزل الحمض النووى الرنا الريبوزومى (Ribosomal RNA) منها.

نيفا سيفتسيوغلو

أولافى كاجاندر

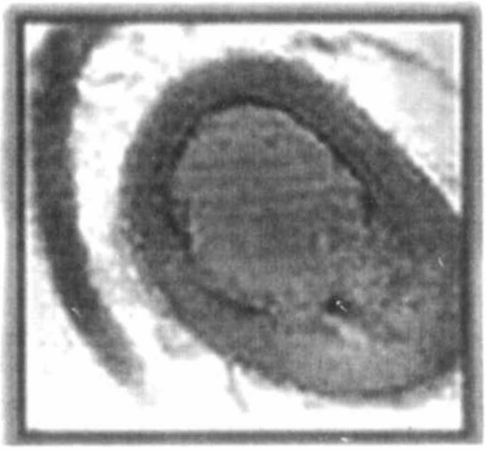
لقد جذب الإعلان عن كشف النانوبكتيريا انتباه علماء الميكروبيولوجى لعدة أسباب أولها طبعا صغر حجمها الشديد الذى يبلغ واحد على ألف من حجم البكتيريا العادية وبالتالى فإن رؤيتها بالمجهر الضوئى يعتبر أمرا صعبا إن لم يكن مستحيلا. ثانيها أن الأصباغ المستخدمة فى صبغ البكتيريا العادية تفشل فى صبغ تلك الحبيبات النانوية. ثالثها أن النانوبكتيريا لا يمكن زراعتها على الأوساط الغذائية الآجارية المستخدمة فى زراعة الكائنات الدقيقة المعروفة. وأخيرا لأن معدل انقسامها بطىء جدا ويحتاج قرابة ثلاثة أيام بالمقارنة مع ساعة واحدة أو أقل فى البكتيريا العادية.

وفى الحقيقة فإن أولافى كاجاندر ونيفا سيفتسيوغلو اللذين رشحا لجائزة نوبل فى العلوم البيولوجية لم يخططا لاكتشاف هذه الحبيبات الغامضة التى اعتقدا أنها أكثر الكائنات بدائية على وجه الأرض والتى قد تكون مسئولة عن بعض الأمراض التى يعانى منها الإنسان، حيث كان كاجاندر يحاول زرع خلايا الثدييات فى المعمل التى كان نموها ضعيفا جدا هذا إن نمت أصلا حين لاحظ تكون العديد من الفقاقيع أو الفجوات الشاذة فى السيتوبلازم. ومن المعلوم أن العلماء يقومون بزراعة خلايا الثدييات على مصل أجنة البقر الذى يكون معقما إلا أن الفيروسات والميكوبلازما(١١) تتمكن أحيانا من تلويث هذا المصل مما حدا بكاجاندر وزملائه بفحص الخلايا الناتجة بالمجهر الإلكترونى. لم يتمكن الباحثون من اكتشاف أى فيروسات أو ميكوبلازما وإنما اكتشفوا وجود أشكال تشبه البكتيريا إلا أنها أصغر كثيرا من حجم البكتيريا العادية بداخل الخلايا.

لقد أعلن كاجاندر وسيفتسيوغلو فى بحثهم عن عزلهم للبكتيريا النانوية من دم الإنسان ودم البقر ومن عينات تجارية من مصل الدم، وقد وجد أن هذه البكتيريا النانوية تتكون من الأباتيت (Apatite وهومعدن يتركب كيميائيا من الكالسيوم والفوسفات ويوجد فى العظام والأسنان.

كما أشار العالمان فى بحثهما إلى تدخل البكتيرة النانوية نانوباكتيريوم سانجوينيام (Nanobacterium sanguineum فى تكوين الحصوات الكلوية فى الإنسان (شكل ٢٩ حيث اقترحا أنها تعمل كمراكز تترسب حولها البللورات

المكونة للحصى، كما ادعيا إمكانية عزل البكتيريا النانوية من أنواع مختلفة من سوائل أجسام الكائنات الثديية.



شكل ٢٩- البكتيريا النانوية بداخل حصوة كلوية ذائبة جزئيا

(الصورة منقولة من بحث كاجاندر وسيفتسيوغلو مرجع رقم ٣١ بتصريح من الناشر: الأكاديمية الأمريكية للعلوم (© 1998 by The National Academy of Sciences of the USA)

فى البحث نفسه قام العالمان الفنلنديان بعزل البكتيريا النانوية على وسط غذائى تم حقنة بـ ١٠٪ مصل دم كمصدر لتلك البكتيريا، وقد وجد أن معاملة المصل بأشعة جاما قبل الحقن لا يؤدى إلى إنتاج تلك البكتيريا، النانوية مما يؤكد نظريتهما بأن تلك التركيبات هى كائنات حية نانوية.

لقد أثار هذا البحث حفيظة الكثير من العلماء الذين قاموا بقراءته وتقديم نقد شامل لكل نقاطه، بل إن الأمر تعدى ذلك حيث قام العالم الأمريكى جون سيزار (John Cisar) وزملاؤه فى المعهد القومى للصحة (National Institute of Health) بالاشتراك مع هيئة الغذاء والدواء (FDA) بإعادة إجراء الدراسة العملية كما أجراها كاجاندر وسيفتسيوغلو وتمكنوا بالفعل من إنتاج تلك التكوينات النانوية، وبالرغم من ذلك فإن استنتاجاتهم لم تكن فى صالح ادعاءات العالمين الفنلنديين بخصوص عزلهم للرنا الريبوزومى من مزارع البكتيريا النانوية وتميزه بترتيب نيوكليوتيدى جديد حيث أثبت سيزار وزملاؤه فى بحث نشر عام ٢٠٠٠ (مرجع رقم ١٤) فى نفس المجلة التى نشر فيها الباحثان

الفنلنديان بحثهما (PNAS) أن هذا الترتيب النيوكليوتيدى يتطابق تماما مع الرنا الريبوزومى للبكتيريا فيللوباكتيريوم ميزيناسيريوم (Phyllobacterium my-sinacearum) وهى أحد الأنواع التى تلوث الكواشف المستخدمة فى تحليل الترتيب النيوكليوتيدى للأحماض النووية. هذه النقطة بالذات مثلت النقد الأعنف لما توصل إليه العالمان الفنلنديان خصوصا وأنهما أغفلا إجراء تجربة ضابطة باستخدام الكواشف التى قد تكون هى مصدر الرنا الريبووزمى.

وفى مكان آخر من البحث أشار كاجاندر وسيفتسيوغلو إلى أن البكتيريا النانوية تمتلك نظاما أيضا شبيها بالموجود فى البكتيريا العادية مما يدعم من مزاعمهما حيث وجدا أن هذه البكتيريا النانوية حساسة لكل من التتراسيكلين والسترات، إلا أن سيزار وزملاءه ردوا على تلك النقطة بأن هذه المواد يمكنها تثبيط عمليات التكلس (Calcification). حيث يترسب الكالسيوم فى أنسجة الجسم مؤديا لتصلبها ـ كما أن هذه البكتيريا النانوية لا تتأثر بالمضادات الحيوية الأخرى أو بالمعاملة الحرارية وكذلك بالمثبطات التنفسية كالآزيد. بالإضافة إلى ذلك فقد برهن المنتقدون على أن أشعة جاما التى تمنع نمو البكتيريا النانوية يمكنها تثبيط المصادر العضوية غير الحية للمعدنة (Miner-alization) - أى تكوين المعادن ـ مثل مركبات الليبيدات المفسفرة أو الفوسفوليبيدات.

أما أكثر الانتقادات هدما لنظرية البكتيريا النانوية فكانت ملاحظات سيزار وزملائه الخاصة بتشابه الحبيبات الكروية التى عرفت بواسطة كاجاندر وسيفتسيوغلو على أنها البكتيريا النانوية مع التركيبات غير الحية التى تتكون تلقائيا فى المحاليل المعقمة للأملاح غير العضوية للكالسيوم والفوسفات عند اتحادها مع المواد العضوية كمايحدث فى الوسط الغذائى المعد لإنماء البكتيريا النانوية.

وبالرغم من تلك الانتقادات الشديدة لنظرية البكتيريا النانوية فإن الملاحظات التى قدمها كاجاندر وسيفتسيوغلو لم تستبعد كلها تاركين الباب مفتوحًا للمزيد من الدراسات والبحوث.

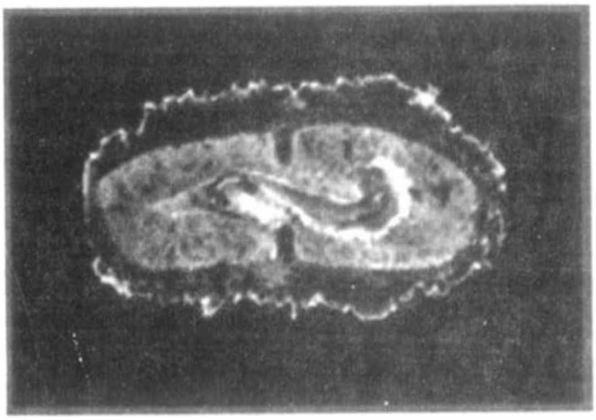
● من الناحية الأخرى فهناك بعض الملاحظات المدعمة لوجود البكتيريا النانوية من الدراسات المختلفة التى قام بها بعض الباحثون منها:

- إمكانية زرعها على الأوساط الغذائية المحقونة بمصل الدم.

- تكون أجسام مضادة استجابة لوجودها.

- وجود الترتيب النيوكليوتيدى الخاص بالرنا الريبوزومى لتحت الوحدة الصغيرة (16 sr RNA) المميز للبكتيريا.

- المظهر الذى تبدو عليه عند الفحص بالمجهر الإلكترونى مثل الشكل الحوصلى الذى يظهر وكأن غشاء يحده وكذلك التراكيب التى تظهر وكأن الخلية فى حالة انقسام (شكل ٣٠) بالإضافة إلى تجمعها فى مستعمرات.



شكل ٣٠- بكتيريا نانوية مغطاة ببللورات شعرية من الأباتيت فى حالة انقسام خلوى
(الصورة منقولة من بحث كاجاندر وسيفتسيوغلو مرجع رقم ٣١ بتصريح من الناشر: الأكاديمية الأمريكية للعلوم (© 1998 By the National Academy of Sciences of the USA)

أما الدعم الأعظم لنظرية البكتيريا النانوية فقد جاء من فريق بحثى أسترالى بقيادة الجيولوجية الدكتورة فيليبا يووينس (Philippa Uwins) عالمة الرسوبيات بجامعة كوينزلاند (University of Queensland) فى البحث المنشور عام ١٩٩٨ فى مجلة American Mineralogist (مرجع رقم ٦٠) حيث تم الإعلان عن اكتشاف نوع جديد من الكائنات الدقيقة أطلقوا عليه اسم نانوبات (Nanobes) فى عينات

من الحجر الرملى من العصرين الجوراسى والترياسى. وفى الحقيقة فقد ظلت الدكتورة فيليبا وفريقها مترددين فى إطلاق تلك التسمية عند بدء البحث عام ١٩٩٦ تاركين لأنفسهم الفرصة لمزيد من الدراسات التأكيدية، وبالفعل فقد تمكن الفريق البحثى بعد ذلك من إجراء تحاليل جزيئية على هذه النانوبات ووجدوا الدليل على وجود الدنا بعد صبغ العينات بالصبغات الخاصة به مثل الأكريدين البرتقالى وصبغة فولجين، بالإضافة إلى تمكنهم من اكتشاف أن النانوبات تحاط بغشاء بداخله تركيبات كالسيتوبلازم والتركيب النووى وأنها تتكون من الكربون والنيتروجين والأكسجين.

فيليبا يووينس

النانوبات هى خيوط دقيقة لها تركيب يشبه الأكتينوميسيتات(١٢) والفطريات - باستثناء الحجم بالطبع - تم اكتشافها فى الحجر الرملى غرب أستراليا على عمق ثلاثة كيلومترات أسفل سطح البحر، وقد ادعى الفريق البحثى بأنها أصغر الكائنات الحية المعروفة على الإطلاق حيث يتراوح قطرها بين ٢٠ و١٥٠ نانومتر وهو أقل من حجم أصغر البكتيريا المعروفة (الميكوبلازما). ومما هو جدير بالذكر أن لفظى نانوبات ونانوبكتيريا غالبا ما يستخدمان حاليا للدلالة على الشىء نفسه إلا أن البعض مازال يميز بينهما.

وقد أعلن الفريق البحثى الأسترالى أن هذه النانوبات نمت فى المختبر عند تعرض العينات للهواء،وأنها كانت تتحرك بعيدًا عن شعاع الإلكترون عند الفحص بالمجهر الإلكترونى الماسح، كما أنها تمتلك تركيبا يشبه الجدار الخلوى، بالإضافة إلى ذلك فقد تم التأكد من وجود الدنا من خلال التحاليل الخاصة بها التى أجريت ثلاث مرات وأعطت جميعها نتائج إيجابية.

وكالعادة قوبل هذا البحث بالدراسة والنقد والتحليل حيث حذر بعض الباحثين من أن هذا الدنا قد يكون مصدره مجرد تلوثات على سطح الصخور التى خضعت للدراسة، كما أشاروا إلى مقدرة تلك الخيوط على النمو فى الهواء فى الوقت الذى من المفترض أن بيئتها الطبيعية لاهوائية تماما لعزلها من عينات من الحجر الرملى تم الحصول عليها من على عمق ثلاثة كيلومترات أسفل سطح البحر. وفى حالة التأكد من أن النانوبات كائنات حية فإن الرقم القياسى المسجل لأصغر الكائنات الحية سيتم كسره، ليس هذا فقط بل إن الرقم القياسى لدرجة الحرارة العظمى للكائنات الحية سيتم كسره أيضا حيث إن تلك النانوبات تم عزلها من الحجر الرملى الموجود فى درجة حرارة تقدر بـ١٥٠م.

● من المسلم به أن الميكروبات وسعت من فهمنا للظروف القاسية التى يمكن أن تدعم الحياة، ودراسة النانوبات يعتبر تحديا جديا لفهمنا للحياة فعند التأكد من كونها كائنات حية فإن منظورنا لتلك الظروف المتطرفة سوف يزداد اتساعا. ومن المؤكد أن وجود النانوبكتيريا سوف يعدل من فهمنا لنوعية الاحتياجات الضرورية للحياة، كما أن هناك نتائج ستترتب على اعتبارها كائنات حية منها:

أن الكائنات الحية قد تكون أصغر كثيرا مما كان يعتقد حين تم تحديد أقل حيز يمكن أن يتيح الحياة للكائن الحى ليتراوح بين ٢٠٠ و ٣٠٠ نانومتر فى ورشة العمل التى عقدتها الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم عام ١٩٩٨.

التأكد من وجود الماء على سطح المريخ فى فترة من فترات تاريخه.

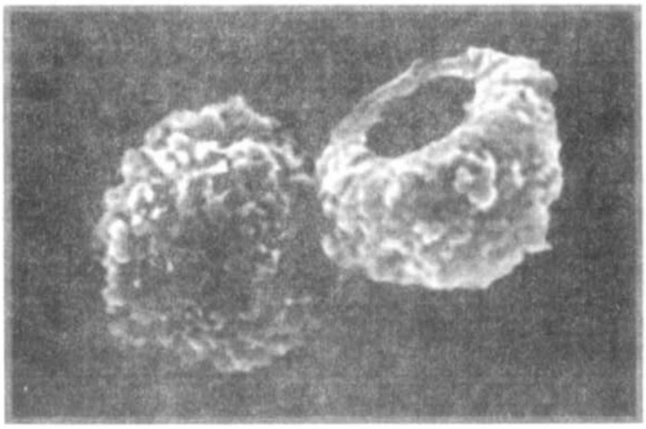
توسط النانوبكتيريا فى العمليات التى يعتقد حاليا أنه يتم التحكم فيها من خلال التفاعلات الكيميائية غير العضوية مثل ترسب الدولومايت (١٣) عند درجات الحرارة المنخفضة، وتأكسد الحديد، وتشكيل المعادن الطمية.

بناء النانوبكتيريا لأجزاء مهمة من الكائنات الحية الأكبر، أو أنها قد تلعب دورا فى إمراض هذه الكائنات الحية، حيث إن عملية المعدنة الحيوية قد تؤدى إلى تكون العظام والأسنان كما يمكن أن تسبب تكون الحصوات الكلوية والترسبات الشريانية (Arterial Plaque) المسببة لمرض تصلب الشرايين (Atherosclerosiss) واسع الانتشار.

هل تسبب البكتيريا النانوية أمراضا للإنسان؟

وجد العديد من الباحثين أن النانوبكتيريا هى سبب الإصابة بالأمراض المرتبطة بالتكلس مثل تصلب الشرايين (Atherosclerotic Plaque)، وضيق الشريان التاجى (Coronary Artery Plaque)، وحصوات الكلى (Kidney Stones)، وتصلب الجلد (Scleroderma). والمياه البيضاء فى العين (Cataracts) والصدفية (Psoriasis)، والإكزيما (Eczema)، وتكلس الثدى (Breast Calcification)، وتكلس البروستاتا (Prostate Calcification. والترسبات الجيرية على الأسنان Dental Plaque) وإلتهاب اللثة (Periodontal Disease)، والروماتويد Rheumatoid Arthritis)، وإلتهاب المفاصل (Osteoarthritis). وظهور بعض الزوائد العظمية (Spurs)، ومرض الزهايمر (Alzheimer's Disease) وبعض أنواع السرطان. قبل اكتشاف النانوبكتيريا لم يجد الأطباء تفسيرا طبيا لوجود التكلس فى قائمة الأمراض السالفة الذكر ويعتبر وجود البكتيريا النانوية نانوباكتيريوم سانجوينيام هو السبب الوحيد المقبول حاليا.

وقد كان الباحثان الشهيران أولافى كاجاندر ونيفا سيفتسيوغلو هما أول من أشار إلى الصلة بين النانوبكتيريا وإصابة الإنسان ببعض الأمراض عندما لاحظا أثناء الفحص بالمجهر الإلكترونى قيام تلك الكائنات ببناء أصداف (شكل ٣١) أو حوصلات من فوسفات الكالسيوم حول نفسها ومن هنا بدأ بحثهما عن إمكانية قيامها بدور فى تكوين حصوات الكلى المتكونة أيضا من أملاح الكالسيوم وتأكدا من وجود حبيبات النانوبكتيريا فى مركز العديد من الحصوات.



شكل ٣١ - صورة بالمجهر الإلكترونى لنوعين من الأصداف المعدنية حول الناتو بكتيريا قطرها حوالى ٢ ميكرون)
(الصورة منقولة من بحث كاجاندر وسيفتسيوغلو مرجع رقم ٣١ بتصريح من الناشر : الأكاديمية الأمريكية للعلوم) (© 1998 by The National Academy of Sciences of the USA)

ولحاجة كاجاندر وسيفتسيوغلو الملحة لأدوات تساعدهم على اكتشاف ودراسة النانوبكتيريا فقد قاما بتأسيس شركة أسمياها نانوباك (Nanobac) فى فنلندا عام ٢٠٠٠، ثم مالبثت أن اندمجت مع شركة عامة للنانوبكتيريا فى ولاية فلوريدا الأمريكية مؤسسها يدعى جراى ميزو (Gary Mezo) وتغير الاسم إلى شركة نانوباك للصيدلانيات (Nanobac Pharmaceuticals, Inc) التى كان هدفها تسويق مجموعات (kits) للتشخيص الطبى لتعريف النانوبكتيريا للباحثين الطبيين بالإضافة إلى تطوير الوصفات الطبية لعلاج الأمراض المرتبطة بالتكلس. ومما هو جدير بالذكر أن تلك الشركة قد بدأت حديثا فى تسويق أسلوب لعلاج البكتيريا النانوية الممرضة.

فى عام ٢٠٠٣ وفى تطور جديد تم الإعلان عن اكتشاف النانوبكتيريا بواسطة فريق بحثى من المركز الطبى بجامعة فيينا من بقايا متكلسة وجدت فى أنسجة مبيض إحدى الحالات المصابة بالسرطان، وفى نفس التوقيت تقريبا تم الإعلان عن اكتشاف باحثين آخرين للنانوبكتيريا فى الشرايين المتكلسة.

فى عام ٢٠٠٤ تمكن فريق بحثى من مستشفى ماى يو (Mayo Clinic) فى ولاية منيسوتا من عزل النانوبكتيريا من شرايين إنسان متصلبة ومن حصوات

كلوية، وقد تم تدعيم هذه النتائج عام ٢٠٠٥ فى الدراسة التى أجراها لازلو بوشكاش (László Puskás) فى المجر الذى عزل النانوبكتيريا من جدارن الأورطى ومن عينات من دم لحالات مصابة بتصلب الشرايين .

النانوبكتيريا وتصلب الشرايين :

أصبح وجود النانوبكتيريا الآن موضوعًا مثيرًا نتيجة لدورها المفترض فى أمراض القلب وبعض الأمراض الأخرى نتيجة لمقدرتها على تكوين صدفة أو قشرة من فوسفات الكالسيوم حول نفسها .

لقد تم الإشارة حديثا إلى أن سبب حدوث تصلب الشرايين قد يكون نتيجة لعدوى ميكروبية حيث وجدت المادة الوراثية للبكتيريا نانوباكتيريوم سانجوينيام فى مجموعات متنوعة من مرضى تصلب الشرايين (وكذلك مرضى التهاب المفاصل)، وأدى ذلك إلى اعتقاد قاعدة عريضة من الباحثين أن تلك البكتيريا النانوية تلعب دورا مهمًا فى تكون الترسبات (Plaque) وبالتالى حدوث الجلطات والنوبات القلبية وأنها لديها المقدرة على استعمار الطبقة الداخلية (Intima) للأوعية الدموية (وكذلك المفاصل) وبناء قالب من الكالسيوم حول نفسها وبذلك تحمى نفسها من جهاز المناعة وأيضا من المضادات الحيوية التى يتم تناولها . لقد تم علاج تلك العدوى النانوبكتيرية باستخدام مادة ثنائى أمينو إيثيلين رباعى حمض الخليك المشهورة باسم إديتا (Ethylene diaminotetraacetic acid, EDTA) مع التتراسيكلين حيث تعمل المادة الأولى على إذابة التكلس حول البكتيرة نانوباكتيريوم سانجوينيام ثم يقوم التتراسيكلين بقتلها .

هل يمكن اعتبار العدوى بالنانوبكتيريا هو السبب فى حدوث تصلب الشرايين؟

إن علاج أمراض الأوعية الدموية المسببة عن التكلس كتصلب الشرايين وكذلك علاج الحصوات الكلوية يبدو أنه سيتغير جذريا نتيجة للعمل البحثى لأولافى كاجاندر ونيفا سيفتسيوغلو اللذين أعلنا أن هناك العديد من الأمراض تحدث نتيجة لوجود النانوبكتيريا بداخل الصدفة الكالسيومية التى تحميها من المضادات الحيوية ومن جهاز المناعة، لقد تمكنت نانوباك بالاشتراك مع الدكتور

جراى ميزو من تطوير اختبارات فى الدم والبول للتعرف على الأشخاص المصابين بالنانوبكتيريا وعلاجهم فور التعرف عليهم،وفى دراسة لهما وجدا أنه من بين ٩١ حالة قدرت نسبة تناقص التكلس فى الشريان التاجى بـ ٥,٥٨٪ بعد العلاج بنانوباك TX لمدة ثلاثة أشهر كما سجل التخلص التام من التكلس فى19 حالة مما يعنى أن التدخل الجراحى يمكن استبداله بالعلاج الدوائى.

النانوبكتيريا مشكلة لرواد الفضاء:

فى دراسة لوكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) تم الإعلان عن أن النانوبكتيريا قد تكون هى سبب التكون السريع لحصوات الكلى فى رواد الفضاء أثناء رحلاتهم الفضائية. وقد كان هؤلاء الباحثون قد قاموا بزراعة النانوبكتيريا فى المفاعل الحيوى المستخدم فى محاكاة الظروف السائدة فى رحلات الفضاء حيث تكون الجاذبية الأرضية منعدمة، ووجدوا أن معدل انقسامها يتضاعف خمس مرات بالمقارنة بالمعدل المسجل تحت ظروف الجاذبية العادية مما يدعم ما تم اكتشافه من قبل عن أن الميكروبات يختلف سلوكها تماما عند وجودها فى ظروف انعدام الوزن.

الفصل التاسع

المنتجات البيولوجية النانوية

تضم المنتجات البيولوجية النانوية (Biological Nanoproducts) الكثير من المنتجات التى بدأ استخدامها تجاريا أو أصبح ذلك وشيكا فى العديد من التطبيقات الطبية والصيدلانية والغذائية وفى صناعة المنسوجات وغيرها من المجالات التطبيقية المختلفة.

ويعتبر السليولوز النانوى أو النانوسليولوز أحد أهم المنتجات البيولوجية النانوية لما له من استخدامات مهمة ومتنوعة لذا فإننا سوف نقوم باستعراض شامل ومبسط لماهيته وطرق الحصول عليه بالإضافة إلى بعض تطبيقاته فى المجالات المختلفة، ثم نتطرق بعد ذلك إلى الغذاء النانوى والمنسوجات النانوية كأمثلة مهمة فى هذا المجال.

أ - السليولوز النانوى

من المسلم به أن العمليات البيولوجية هى أساس تخليق البوليمرات المهمة ومنها السليولوز الذى يعتبر أكثر البوليمرات انتشارا على سطح الأرض والذى تتنوع وتتعدد التطبيقات التى يدخل فيها. المصدر الرئيسى للسليولوز هو النباتات الوعائية، واستغلال الغابات للحصول على السليولوز بشكل جائر يؤدى بالتأكيد إلى حدوث خلل فى النظام البيئى، كما أن استخلاص ألياف السليولوز من النباتات الوعائية يعتبر من العمليات الملوثة للبيئة.

يمتلك السليولوز تركيبا معقدا متعدد المستويات، فهذا البوليمر الطبيعى يتكون من ألياف، (Fiberls)، وكل ليفة تتكون من عدد من الليفات (Fibrils)، الدقيقة النانوية القياس كل واحدة منها تسمى لييفة نانوية (Nanofibril) .

تحتوى كل لييفة نانوية على منطقة متبلورة تتكون من السليولوز النقى تمثل ٦٠ - ٨٠٪ منها ومنطقة غير متبلورة تحتوى بجانب السليولوز على اللجنين وأنصاف السليولوزات والبكتين وبعض المواد الشمعية، وترتبط المناطق المتبلورة مع غير المتبلورة التى تتبادل معها على امتداد اللييفة السليولوزية بالرابطة بيتا ١، ٤ - الجلوكوسيدية. ومما هو جدير بالذكر أن السليولوز الذى يتكون من الألياف النانوية يسمى السليولوز النانوى أو النانوسليولوز (Nanocellulose) وهو مادة نانوية طبيعية يمكن الحصول منها على نواتج نهائية عديدة ذات خصائص متميزة.

يمكن استخلاص ألياف السليولوز النانوية أو النانوسليولوز من المواد السليولوزية الخام مثل لب الخشب والقطن من خلال المعاملات القبلية الكيميائية المتبوعة بالمعاملات الميكانيكية، إلا أن عمليات الاستخلاص هذه تكون أبعد ماتكون عن كونها صديقة للبيئة. تتضمن إحدى عمليات الاستخلاص هذه التحليل المائى بواسطة الأحماض المعدنية مثل حمض الهيدروليك ويتبع ذلك المعاملة الميكانيكية الممثلة فى المعاملة بالموجات فوق الصوتية أو التحلل الميكانيكى بالضغوط العالية ويكون الناتج حبيبات سليولوز نانوية متبلورة عالية النقاء (شكل ٣٢).

معاملة كيميائية	موجات فوق صوتية
سليولوز ←———— سليولوز متبلور ←———— سليولوز نانوى	

شكل ٣٢ - تحول السليولوز النباتى إلى سليلوز نانوى من خلال المعاملات الكيميائة والفيزيائية

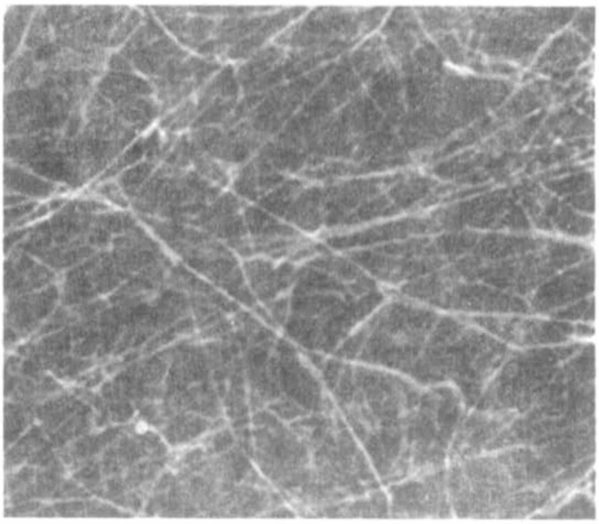
ومن الطرق البديلة للمعاملات الحامضية للحصول على السليولوز النانوى استخدام الانزيمات كمعاملة قبلية لألياف السليولوز متبوعة أيضا بالمعاملة الميكانيكية.

السليولوز البكتيرى :

تتمكن بعض السلالات البكتيرية من إنتاج النانوسليولوز الذى يسمى أيضا السليولوز البكتيرى (Bacterial Cellulose) خارج خلاياها عند زرعها فى مزارع

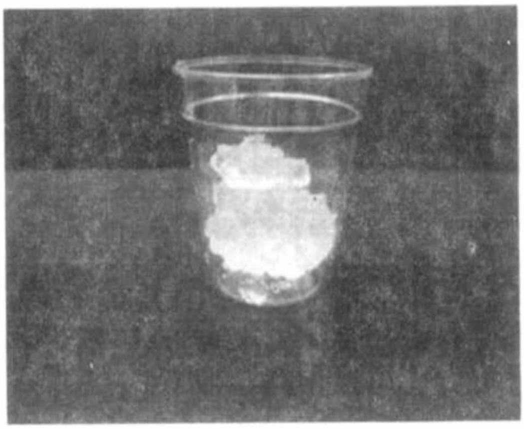
ساكنة أو مغمورة، ومن أمثلة تلك البكتيريا سلالات تنتمى إلى الأجناس أسيتوباكتر (Acetobacter)، إيروباكتر (Aerobacter) ألكاليجين (Alcaligene) أزوتوباكتر (Azotobacter) وسيدوموناس (Pseudomonas)، إلا أن بكتيريا حمض الخليك سالبة الجرام أسيتوباكتر زيلينم (Acetobacter xylinum) هى أكثرها كفاءة واستخداما فى هذا الشأن.

بالرغم من أن مقدرة البكتيرة أسيتوباكتر زيلينام على إنتاج النانوسليولوز معروفة من أكثر من قرن مضى إلا أن الدراسات الخاصة باستخدامها كبديل عن النباتات الوعائية لإنتاج السليولوز النانوى لم تبدأ إلا حديثا جدا. وقد قدر إنتاج البكتيرة أسيتوباكتر زيلينم للنانوسليولوز فى المزارع الساكنة أى السطحية بحوالى ٢٠ جم من كل ١٠٠ جم جلوكوز مستهلك كمصدر كربونى بعد حوالى ٣٠ ساعة من النمو البكتيرى، وتكون الألياف المنتجة فى هذه المزارع فى صورة غشائية على هيئة تركيب شبكى (شكل ٣٣ ولوحة ١١) مكون من شرائط عرضها حوالى ٥٠٠ نانوتر وسمكها لا يتعدى ١٠ نانومتر. وتتكون هذه الشرائط من ليفات ذات عرض يقدر بحوالى ٣ نانومتر. وقد وجد أن هذه الشبكة الغشائية تستطيع امتصاص الماء بمعدل يصل إلى ٧٠٠٪ من وزنها وهو معدل يفوق بكثير المعدل المسجل للسليولوز النباتى.



شكل ٣٣ - التركيب الشبكى للسليلوز البكتيرى المنتج فى المزارع الساكنة
كما يبدو من خلال الفحص المجهرى
(الصورة المنقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت بند Public domain)

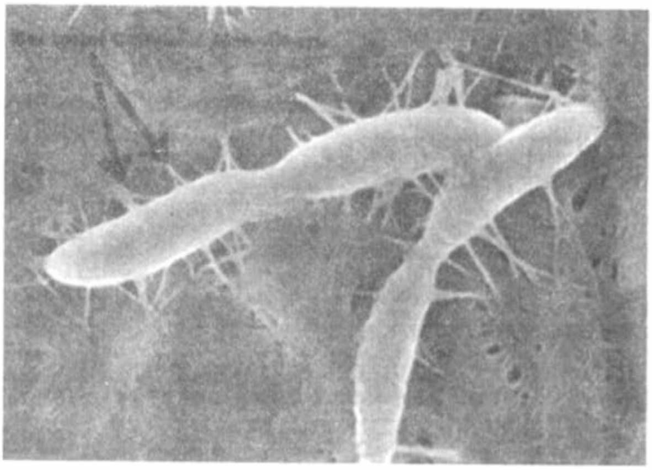
من الناحية الأخرى فقد وجد أن ألياف النانوسليولوز البكتيرى المنتجة فى المزارع المغمورة تكون فى صورة كتلة جيلاتينية (شكل ٣٤) محتواها المائى يصل إلى ٩٩٪.



شكل ٣٤ - النانوسليولوز البكتيرى المنتج فى المزارع المغمورة بالعين المجردة

(الصورة المنقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت Public domain)

ومن الأمور المثيرة أثناء إنتاج النانوسليولوز البكتيرى أن ١٢ - ٧٠ جزيئا من السليولوز تقذف من الخلية البكتيرية إلى الوسط الغذائى خلال ثقوب مصفوفة على سطح الخلية البكتيرية على بعد ١٠ نانومترات من بعضها البعض حيث تتجمع سلاسل السليولوز المقذوفة من الثقوب وتغزل معا لتكون كل مائة تقريبا منها شريطا من الشرائط المكونة لليفة السليولوزية (شكل ٧٩)، وتجدر الإشارة إلى أن قطر الليفة فى السليولوز البكتيرى يتراوح بين ٤٠ و ٦٠ نانومترًا بالمقارنة مع 14مم لقطر ألياف السليولوز المستخلص من النباتات الوعائية. بعد إنتاج الغشاء الجيلاتينى المكون من السليولوز النقى والخلايا البكتيرية المحاصرة بداخله يتم معاملته بمحلول عيارى من الصودا الكاوية عند ٩٠°م لمدة نصف ساعة لإزالة البكتيريا العالقة بالألياف ثم يجفف.



شكل ٣٥ - صورة بالمجهر الإلكترونى الماسح لخلايا البكتيرة اسيتوباكتر زيلينم منتجة الياف السليوليوز النانوية من الثقوب المصفوفة على سطحها ومحاصرة بها
(الصورة منقولة من مقالة فى News Wise مرجع رقم ٤٧ بتصريح من الناشر : US America Network)
(Photo: Virginia Tech Wake Forest University School of Biomedical Engineering)

مزايا السليولوز البكتيرى:

- يتشابه التركيب الكيميائى للسليولوز النانوى المنتج من البكتيرة أسيتوباكتر زيلينام مع مثيله فى السليولوز النباتى فكلاهما يتكون من وحدات من الجلوكوز المرتبطة مع بعضها بروابط بيتا ١، ٤ الجلوكوسيدية.
- يمتلك السليولوز البكتيرى مساحة سطحية تزيد ٢٠٠ مرة عن المساحة السطحية لألياف لب الخشب ومرجع ذلك بالطبع التركيب النانوى المكون لهذا المنتج البكتيرى، ومن الطبيعى أن هذه الخاصية هى المسئولة عن السمك البالغ الدقة لهذا النانوسليولوز.
- يتميز السليولوز البكتيرى بدرجة عالية من النقاوة، وبعدم احتوائه على اللجنين وأنصاف السليولوزات والبكتين والشموع الموجودين فى سليولوز النباتات الوعائية. وبالتالى فإن هذا السليولوز لا يحتاج فى استخلاصه إلى المعاملات القبلية الكيميائية المستخدمة فى استخلاص النانوسليولوز من النباتات الوعائية والتى تؤدى إلى تغير فى بعض الصفات التركيبية الطبيعية للسليولوز.

- كما ينفرد السليلوز البكتيرى بعدد آخر من الخصائص الفريدة منها:

امتلاكه قوة ميكانيكية عالية، فعند تقدير معامل يونج(١٤) له ووجد أنه يكافىء تقريبا نفس المعامل فى الألومينيوم، مقدرته العالية على امتصاص الماء والتى تصل إلى ٧٠٠٪

- درجة تبلوره العالية.
- تركيبه الشبكى الفائق الجودة.
- شفافيته الجيدة.
- قدرته على التكيف مع الأجسام الحية.
- قابليته للتحلل الحيوى بفعل الكائنات الدقيقة.
- قابليته للتشكل.

كل هذه الصفات تجعل من السليولوز البكتيرى مادة جذابة جدا لبلدان كاليابان التى لا تمتلك الكثير من الموارد السليولوزية الطبيعية.

عيوب السليلوز البكتيرى:

بالرغم من المميزات السابقة للسليولوز البكتيرى فإن عليه أن يقوم بمنافسة السليولوز النباتى غير المكلف كثيرا، فتكلفة إنتاج السليولوز البكتيرى كبديل

لسليولوز الخشب التقليدى تعتبر حاليا كبيرة حيث إن إنتاجية المخمرات الكبيرة المستخدمة فى زراعة البكتيريا المنتجة لا تتناسب حاليا مع تكلفة عملية التخمر لتداخل عوامل عديدة فى بيولوجية الأسيتوباكتر نفسها كاحتياجاتها الغذائية والعوامل البيئية المؤثرة على نموها وعلى إنتاجيتها. ولذلك فإنه يوصى باستخدام السليولوز البكتيرى فى المنتجات ذات القيمة المضافة العالية.

المجالات التطبيقية للنانوسليولوز:

تتعدد وتتنوع المجالات التطبيقية للسليولوز البكتيرى كثيرا فمن تطبيقات طبية إلى أخرى غذائية، ومن استخدامات فى الأجهزة الإلكترونية السمعية إلى استخدامات صيدلانية أو فى مواد التجميل.

التوليفة المدعمة للألياف:

تتكون التوليفة المدعمة للألياف (Fiber Reinforced Composite) من مكونين أو أكثر من المكونات ذات الخواص الفيزيائية المتميزة تتكامل لتكوين مادة ذات خصائص مفيدة ومناسبة لاستخدامات محددة. تتركب التوليفة بشكل عام من حشوة أو مادة مالئة (مدعمة أو مقاومة للحريق أو مادة ملونة وغيرها) وبوليمر يعمل كقالب (يحمل ويحمى الحشوة) وأحيانا مادة بينية (تؤثر فى صفات التوليفة). فى هذه التوليفة يشكل أحد البوليمرات القالب الذى يحيط بالألياف أو الأجزاء ويربطها ببعضها، بينما يكون دور الحشوة التدعيم الميكانيكى للتوليفة مع إضفائه أحيانا بعض الصفات الفيزيائية على المنتج النهائى ودائما ما يبدو كجزء من التوليفة النهائية التى يجب أن تتميز بالمتانة والثبات الحرارى ومقاومة التآكل وأن تكون طيعة أى قابلة للطى قوية وخفيفة فى نفس الوقت.

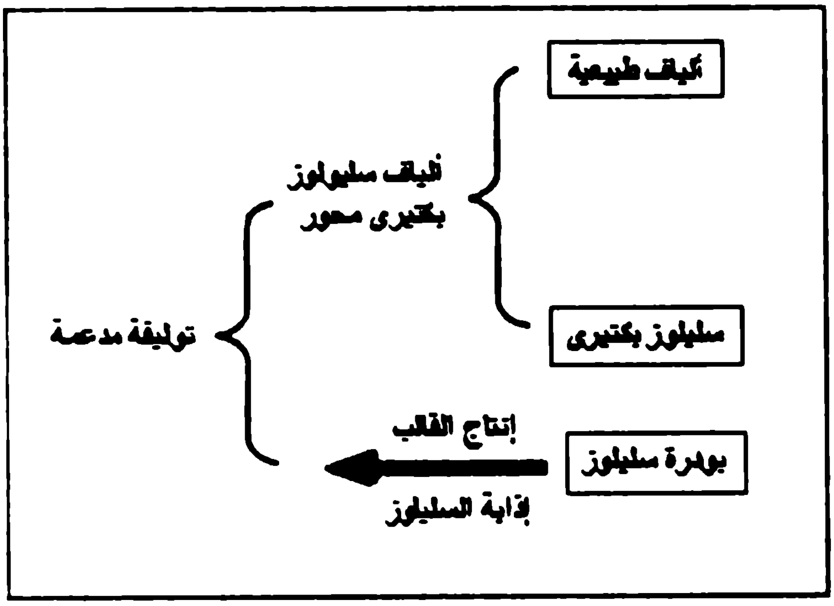
من التوليفات الصناعية المعروفة تلك التى تستخدم الصوف الزجاجى كمادة مالئة وهى شائعة الاستخدام فى الكثير من التطبيقات فى الرياضة وفى صناعة السيارات والطائرات ومركبات الفضاء، ويعزى نجاح تلك التوليفة إلى صفاتها المتميزة نتيجة التفاعل بين مكوناتها المختلفة وثبات المنتج النهائى. ومما هو جدير بالذكر أن النانوسليولوز يمكن استخدامه كمادة مالئة مدعمة لإنتاج توليفات تتميز بالصلابة الميكانيكية، ومن الأمور المثيرة فى هذا المجال إمكانية اتحاد النانوسليولوز وأحد البوليمرات القابل للتحلل الحيوى لإنتاج توليفة تتميز بالصلابة الميكانيكية والقابلية للتحلل الحيوى عند الحاجة للتخلص الآمن منها لانتهاء العمر الافتراضى لها مثلا. وهنا لا يفوتنا ماذكر من قبل عن الصفات التى يتميز بها السليولوز البكتيرى ومنها القوة الميكانيكية والقابلية للتحلل الحيوى الذى يجعله ملائما تماما لخلطه مع أحد البوليمرات القابلة للتحلل الحيوى مما يجعل التوليفة الناتجة قوية وصديقة للبيئة.

بعد إنتاج السليولوز البكتيرى فى المزارع السائلة يتم تجميعه وتجفيفه وخلطه مع أحد البوليمرات مثل الكحول عديد الفينيل (Polyvinyl Alcohol) لتكوين التوليفة المطلوبة، ويلاحظ هنا أن تركيز السليولوز البكتيرى فى التوليفات المختلفة يتراوح بين ١ و ٩٩٪. بعد تكون التوليفة المطلوبة يتم تجفيفها واستخدامها فى التطبيق المطلوب كإنتاج الجسم الخارجى لأجهزة تسجيل الصوت والصورة، وبعد انتهاء العمر الافتراضى للجهاز يتم دفن الجزء المكون من التوليفة فى التربة ليتم تحليلها بفعل النشاط الانزيمى لميكروبات التربة.

ومن الأمور المتهمة فى هذا المجال إمكانية تحوير السليولوز البكتيرى أثناء إنتاجه، حيث أمكن لمجموعة من العلماء الإنجليز فى قسم الهندسة الكيميائية بالكلية الملكية فى لندن (مرجع رقم ١) بقيادة أنتونى أبوت Anthony Abbott) عام ٢٠٠٧ من إنتاج توليفات سليولوزية خالصة (All- Cellulose) تترتب فيها المواد السليولوزية فى طبقات مختلفة (Hierarchical) هذه التوليفة المتعددة الطبقات السليولوزية تتكون من اتحاد الألياف الطبيعية والسليولوز البكتيرى النانوى بداخل قالب البوليمر السليولوزى أيضا.

يسمح هذا الاتحاد بتخليق مواد جديدة ذات صفات ميكانيكية وكيميائية وبيئية متميزة بالإضافة إلى انخفاض تكلفة إنتاجها، وفى هذا الخصوص قام الفريق البحثى بتحوير سطح الألياف الطبيعية عن طريق اتصالها بألياف السليولوز البكتيرى النانوى لتحسين تفاعل الألياف مع القالب.

لقد تمت عملية اتصال السليولوز البكتيرى بالألياف الطبيعية بنجاح أثناء زرع البكتيرة أسيتوباكتر زيلينم فى وجود تلك الألياف (شكل ٦٠) حيث تم إذابة بودرة السليولوز المتبلور فى مادة ثنائى إيثيل أسيتامايد (Dimethylacetamide) التى ستشكل بعد ذلك القالب السليولوزى، ولقد أدى اتصال السليولوز البكتيرى النانوى بسطح الألياف إلى إنتاج توليفة ذات صفات ميكانيكية متميزة. وقد وجد أن هذه التوليفات السليولوزية الخالصة يمكن استخدامها كبديل للصوف الزجاجى فى إنتاج التوليفات المدعمة فى القريب العاجل.



شكل ٣٦ - إنتاج التوليفة السليولوزية الخالصة

وفى معهد كيمياء الألياف فى بولندا تم التوصل إلى طريقة متوافقة بيئيا لإنتاج توليفة من السليولوز البكتيرى والكيتوزان(١٥) يمكن استخدامها فى بعض التطبيقات الطبية. يتم فى هذه الطريقة تحوير السليولوز البكتيرى أثناء عملية تخليقه حيويا بإدخال إحدى صور الكيتوزان إلى الوسط الغذائى للبكتيرة المنتجة حيث يتم اندماج وحدات الجلوكوزامين وأسيتيل الجلوكوزامين المكونة للكيتوزان فى السلسلة السليولوزية. وقد أمكن استخدام التوليفة الناتجة فى علاج الحروق وقرح الفراش والتهابات الجلد والجروح صعبة الالتئام والجروح التى تحتاج إلى الغيار المتكرر.

٢ - التطبيقات الطبية: (Medical Applications)

أ - الأوعية الدموية الصناعية للجراحات الدقيقة:

تعتبر عمليات استبدال الأوعية الدموية حاليا من أنواع العلاج التقليدية لكثير من أمراض القلب والأوعية الدموية التى تتم فى معظم بلاد العالم بسهولة ويسر إلا أن المشكلة تنشأ عند الحاجة لاستبدال أحد الأوعية الدموية الصغيرة لمريض لا يتوفر فى جسمه أوردة يمكن استخدامها كبديل للأوعية التالفة.

وبالرغم من توفر بدائل تخليقية لتلك الأوعية الدموية الصغيرة إلا أنها لا تكون مناسبة لسهولة تكون الجلطات الدموية التى تسد مجراها الداخلى.

هذه المشكلة الخطيرة تم حلها جزئيا بواسطة فريق من الباحثين فى معهد الكيمياء العضوية وكيمياء الجزيئات الكبيرة فى ألمانيا بقيادة ديتر كليم (Dieter Klemm) عام ٢٠٠١ الذين توصلوا إلى طريقة لتشكيل السليولوز البكتيرى إلى أوعية دموية حيث يتم إنتاج هذا السليولوز البكتيرى فى المزرعة مباشرة فى صورة أنبوبية ليتم استخدامها كتوصيلة بينية (Interpositions) قطرها الداخلى امم.

وفى عام ٢٠٠٧ تمكن الدكتور باول جاتينهولم (Paul Gatenholm) أستاذ المواد والعمليات الحيوية بجامعة كالمرز للتكنولوجيا فى جوتنبرج بالسويد(Chalmers University of Technology) بالاشتراك مع جراحى الأوعية الدموية من تطوير طريقة لتصنيع الأوعية الدموية الدقيقة من السليولوز البكتيرى تتميز بمتانتها وقد اقتربوا جدا من استخدام هذا المنتج على الإنسان. وفى نفس الجامعة السويدية تمكن هنريك باكداهل (Henrik Bäckdahl) فى رسالته للدكتوراه عام ٢٠٠٨ من إنتاج السليولوز البكتيرى فى صورة أنبوبية من خلال نمو البكتيريا على أنابيب من السليكون يتم سحبها عند تكون أنابيب السليولوز البكتيرى (مرجع رقم ٧)، وبنفس الطريقة أمكن إنتاج بدائل متفرعة للأوعية الدموية الصغيرة. ومما هو جدير بالذكر أن هذا السليولوز البكتيرى لم يرفض من جهاز المناعة فى التجارب التى تمت على حيوانات التجارب.

ونتيجة لأهمية هذا الاتجاه العلمى التطبيقى فقد تم تأسيس برنامج علمى من المؤسسة الاستراتيجية السويدية للبحوث (Swedish Strategic Foundation for Research) يهدف إلى تطوير جيل جديد لبدائل الأوعية الدموية المتوافقة حيويا من السليولوز البكتيرى المنتج من البكتيرة أسيتوباكتر زيلينم وقد شارك فى هذا البرنامج العديد من علماء بيولوجيا الخلية والبيولوجيا الجزيئية والكيمياء والتكنولوجيا الحيوية والفيزياء وجراحو القلب والأوعية الدموية.

ب - ضمادات الجروح المهندسة حيويا:

الضمادة من وجهة النظر الجراحية هى أى مادة طبيعية أو تخليقية يمكن استخدامها لتغطية الجرح والتى قد تكون جافة أو رطبة. فى السنوات الأخيرة تم تطوير نوع جديد من الضمادات الرطبة المستخدمة فى علاج الجروح المزمنة كما فى القرحة الناتجة عن الإصابة بمرض السكر وقرحة الفراش وغيرها من القرح والجروح صعبة الالتئام. هذه الضمادات تمتلك مقدرة فريدة على ترطيب المساحات الجافة فى الوقت الذى تمتص فيه السوائل غير المرغوبة من الجرح، وبذلك توفر بيئة رطبة مثالية لالتئام الجروح صعبة الالتئام مما يسرع بشفائها مع تقليل آلام المرضى بقدر الإمكان.

لكى يتم التئام الجروح بسرعة فإنه من الواجب جعل الظروف السائدة فى منطقة الجرح رطبة وهذا هو ما تقوم به الضمادات الحديثة، وبالرغم من ذلك فإن أفضل الضمادات على الإطلاق هى التى تأتى من جلد المريض نفسه الذى يكون مساميا ويحمى الطبقات الداخلية من التلف الميكانيكى ومن العدوى. وفى هذا المجال فإن الجلد المأخوذ من الخنازير أو من جثث الموتى ظل يستخدم لسنوات عديدة كضمادات بيولوجية (Biological Dressing or Skin Grafts)، أى يتم زرعه لترقيع الجلد فى الحالات الشديدة مثل الحروق إلا أن هذا الجلد كان غالبا مايواجه بالرفض من جهاز المناعة مما يقلل من فترة استخدامه بالإضافة إلى التكلفة الكبيرة لعمليات زرع الجلد هذه.

لقد تم التوصل إلى الأساس العلمى للضمادات الرطبة عام ١٩٦٢على يد العالم الإنجليزى جورج ونتر (George Winter) فى بحثه المنشور فى مجلة Na-ture (مرجع رقم ٦٣) حيث أنشأت بحوثه الرائدة فى هذا المجال مفهوما سمى الضمادات النشطة للجروح (Active Wound Dressing) التى تعمل على تهيئة وحفظ الظروف المثلى اللازمة لإعادة تكون الأنسجة التالفة.

من هذه الضمادات مايسمى الضمادات الماصة (Occlusive Wound Dressings) لتى تغلف الجرح وتمنع اتصاله بالهواء والبكتيريا والتى يمكن أن تكون فى صورة

رغوة أو رزاز (Aerosaol) أو هيدروجيل (Hydrogel). هذا النوع من الضمادات يعمل على حفظ الرطوبة المناسبة وثبات درجة الحرارة فى أعماق الجرح Wound (Bed) كما تعمل على الإسراع فى التئام الجرح وحماية الخلايا المتكونة حديثا وتسهيل تكون الأوعية الدموية وإعادة تكون الطبقات الطلائية.

وتجدر الإشارة إلى أن السليولوز البكتيرى يشبه الهيدروجل المنتج من البوليمرات التخليقية فى بعض صفاته ومنها محتواه المائى العالى الذى يقدر بـ ٩٨ ـ ٩٩٪ وقدرته الامتصاصية العالية للسوائل وبعدم إنتاجه لأى نوع من الحساسية وبإمكانية تعقيمه دون أن يفقد أيًا من خصائصه. هذا السليولوز البكتيرى يشبه جلد الإنسان لذا فإنه يمكن استخدامه كبديل له فى عمليات ترقيع الجلد فى حالات الحروق الشديدة.

جـ - النانوسليولوز فى مستحضرات التجميل:

لما كان النانوسليولوز غير ضار بالإنسان فإنه من الممكن استغلاله فى بعض التطبيقات المرتبطة بالرعاية الصحية كمنتجات النظافة الشخصية ومستحضرات التجميل حيث يستخدم كعامل إزالة للقشرة وكقناع رطب وكمكون من مكونات كريمات الترطيب.

٣ـ التطبيقات الغذائية: (Food applications)

من الاستعمالات الممكنة للسليولوز البكتيرى المنتج فى المزارع المغمورة استعماله كغشاء ترشيح عالى الجودة فى الصناعات الغذائية، ولأنه غير سام وعديم القيمة الغذائية فإنه يستخدم كإضافة لبعض الأغذية لإعطائها قوام وسمك مناسبين.

ناتا دى كوكو: (Nata de coco)

هذا المنتج الغذائى نصف شفاف يشبه الجيلى (لوحة ١٢) له صفات اللبان تنتجه البكتيرة أسيتوباكتر زيلينم عند نموها على ماء جوز الهند. هذا الناتا دى كوكو يمتاز بدرجة عالية من الحلاوة مثل الكراميل والحلوى ويمكن استخدامه مع المشروبات والأيس كريم والبودينج وسلاطة الفواكه.

الفلبين هى منشأ هذا المنتج الغذائى ولكن الأسبان هم من أطلق عليه هذا الاسم وقت احتلالهم للفلبين وهو يعنى بالأسبانية قشطة جوز الهند Cream of Coconut)، ويعتبر نقص الدهون والكليستيرول فى الناتا دى كوكو ومحتواه الكبير من الألياف الغذائية بالإضافة إلى عدم احتوائه على مواد حافظة هى أسباب الاهتمام الذى يناله هذا المنتج ضمن الأنظمة الغذائية الخاصة بخفض الوزن والمحافظة على الرشاقة (Regime).

٤ ـ الورق الإلكترونى: (Electronic Paper)

فى عالمنا الملىء حاليا بشاشات عرض الأجهزة الإلكترونية التى تعتمد على الصمامات الثنائية (Light-Emitting Diodes) أو البللورات السائلة (Liquid Crystals) أوالبلازما الغازية (Gas Plasma) فإنه من غير المتصور أن الورق يمكن استخدامه كشاشة عرض. لقد غير اختراع الورق عام ١٠٥ بعد الميلاد فى الصين طريقة اتصال العالم ببعضه وكان من الممكن أن تظل الكتب تكتب على اللفائف الحريرية (Silk Scrolls) حيث لا يستطيع تحمل تكلفتها إلا الأغنياء فقط مما كان سيجعل من القراءة والكتابة مهارة نادرة. إنه شىء أقرب إلى المستحيل تصور الحياة بدون الورق أيا ما كانت الصورة أو الشكل الذى يكون عليه. ولمدة تقارب الألفى عام كان استخدام الحبر هو الوسيلة الوحيدة لإظهار الحروف أو الرسوم على الورق بالرغم من بعض القيود المرتبطة باستعمال الحبر على الورق فبمجرد كتابة الكلمة أو رسم الصورة فإنه يصبح من الصعوبة بمكان تغييرها إلا إذا تركت أثرا.

إن العدد الكبير من الصفحات الذى يتضمنه أى كتاب يجعل من حمل أعداد كبيرة من الكتب أمرا صعبا، ولقد اقترب العلماء حاليا من التوصل إلى ثورة تكنولوجية لاستبدال الورق التقليدى الذى نعرفه بآخر يسمى الورق الإلكترونى (Electronic Paper) سوف يجعل بإمكان أى منا حمل مكتبة كاملة فى كتاب واحد، كما يمكن استخدامه لإنتاج شاشات رخيصة الثمن للحاسبات الآلية.

لقد تم تصنيع شاشات عرض إلكترونية من السليولوز البكتيرى على هيئة صفحة رقيقة لا تومض مثل شاشة الكمبيوتر بل تكون أقرب إلى الحروف المطبوعة أو الصورة على صفحة الكتاب وهذه الشاشات هى ما يعرف بالورق الإلكترونى الذى يتكون من السليولوز البكتيرى مع صبغة أو حبر إلكترونى بين إلكترودات شفافة.

لتصنيع هذا الورق الإلكترونى بدأ مالكوم براون (Malcolm Brown) أستاذ الوراثة الجزيئية والميكروبيولوجى بجامعة تكساس الأمريكية بمشاركة أحد خريجى الجامعة ويدعى جاى شاه (Jay Shah) بفرخ من السليولوز البكتيرى النقى، حيث استخدم براون وشاه الطريقة المعروفة لزراعة وفصل السليولوز البكتيرى وتشكيله فى صورة أفرخ ورقية ومن ثم طمر الحبر أو الصبغة الإلكترونية بين أليافه ثم وضع الفرخ بين الإلكترودات الشفافة.

ينتج حاليا نوعان متشابهان من الحبر الإلكترونى بواسطة شركتين أمريكيتين هما إى إنك (E ink) فى ماريلاند، وزيروكس (Xerox) فى كاليفورنيا، ومن النظرة الأولى لا يمكن التمييز بين أى من نوعى الحبر والحبر التقليدى إلا أنه بالفحص الدقيق يتبين العديد من الفروق.

يختلف نوعا الحبر الإلكترونى المنتجان من الشركتين السابقتين اختلافا طفيفا لاستخدام الشركتين تقنيتين مختلفتين فى إعدادهما، إلا أنهما يشتركان فى الأساس العلمى لهما حيث يحتوى أى منهما على ثلاثة مكونات تعطيه القدرة على أداء العمل المطلوب منه هى:

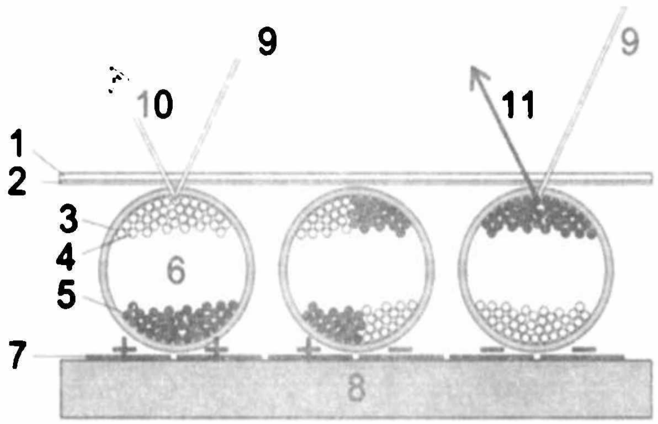
- ملايين من الكبسولات الميكرونية التى لا يتعدى حجم أى منها ١٠٠ ميكرون ويمكن أن تشغل ١٠٠٠٠٠ منها بوصة مربعة من الورق.
- حبر أو مادة زيتية تملأ فراغ الكبسولات.
- شرائح ملونة أو كرات مشحونة بشحنة سالبة تسبح بداخل الكبسولات.

هذا الحبر الإلكترونى يجب أن يغطى الصفحة بكاملها مع وجود فواصل من خلايا تشبه تلك الموجودة على ورقة الرسم البيانى، ويمكن تشبيه تلك الخلايا بالبكسيلات (Pixels) على شاشة الكمبيوتر على أن تربط كل خلية بإلكترونيات دقيقة (Microelectronics) مطمورة فى الفرخ السليولوزى تعمل على إكساب الكبسولات الميكرونية شحنة موجبة أو سالبة للحصول فى النهاية على النص أو الصورة المطلوبة.

لفهم كيفية عمل تقنية الحبر الإلكترونى المنتج بواسطة إى إنك فإنه يتم مقارنة ملايين الكبسولات الميكرونية بداخل الحبر بكرات الشاطئ الشفافة التى تمتلئ كل منها بمئات من كرات تنس الطاولة الدقيقة البيضاء اللون، وبدلا من وجود الهواء بداخل كرات الشاطئ فإنها تملأ بصبغة زرقاء. وعند النظر إلى قمة كرات الشاطىء تبدو بيضاء اللون نتيجة لطفو كرات تنس الطاولة على المحلول، وعلى العكس فعند النظر إلى القاع فإن لون كرات الشاطئ تبدو زرقاء بفعل الحبر أو الصبغة التى تملأ فراغها. وعند وضع آلاف من من كرات الشاطئ هذه على أرضية ما وجعل كرات تنس الطاولة تتحرك بداخلها إلى أعلى وإلى أسفل فإنه يمكن ملاحظة تغير الأرضية وهذا هو الأساس فى منتج إى إنك.

عند تزويد الكبسولات الدقيقة بشحنة كهربائية فإن الشرائح أو الكرات تطفو لأعلى ويكون اللون أبيض أو تجذب للقاع وفى هذه الحالة لا يشاهد إلا لون الحبر الغامق، هذا النمط من الألوان البيضاء والغامقة هو الذى يكون الكلمات والجمل.

أما زيروكس فقد استخدمت كرات مجهرية أحد أوجهها أسود والآخر أبيض بدلا من الشرائح الملونة التى تطفو على سطح السائل الغامق. وكما فى تقنية إى إنك فإن تلك الكرات المجهرية تستجيب للشحنات الكهربائية جاعلة إياها تدور من الأسود إلى الأبيض منتجة النص أو الصورة المطلوبة شكل ٣٧).



١ طبقة عليا ٢ إلكترود علوى شفاف ٣- كرات مجهرية شفافة

٤ صبغة بيضاء ومشحونة بشحنة سالبة ٥ صبغة سوداء مشحونة بشحنة موجبة ٦- سائل شفاف

٧ إلكترود سفلى ٨ طبقة سفلى مدعمة ٩ ضوء ١٠ أبيض ١١- أسود

شكل ٣٧ - مقطع عرضى يوضح التركيب الدقيق للورق الإلكترونى

(الرسم منقول من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامه تحت بند Creative Commons At-tribution 3.0 Unported License)

Own work by uploader (Ref: Nikkei 2008. 12.29 Issue Page. 69)

(Author: Toska)

يبدو هذا التركيب للوهلة الأولى وكأنه ورقة بيضاء رقيقة ولكنها تغمق عند مرور التيار الكهربائى بها وتظل غامقة بعد فصل مصدر الطاقة عنها، وعند فتح مصدر الطاقة مرة ثانية يتحول لون الورق الإلكترونى إلى اللون الأبيض. هذا الورق الإلكترونى لا يحتاج طاقة لإظهار الصورة ولكن لتحميل الصورة أو تغييرها وفى كل الأحوال فإن استهلاك الطاقة يكون منخفضا جدا وهذا من مميزات هذا الورق الإلكترونى.

هذه التقنية هى الأساس الآن فى تصنيع الكتب الإلكترونية وورق الحائط الذى يغير لونه والصحف الإلكترونية المرنة. ويوجد بالفعل حاليا بالأسواق منتجات تعتمد على الورق الإلكترونى مثل كتاب سونى الإلكترونى (Sony e Book) وتليفون محمول من موتورولا (شكل ٣٨) يسمى موتوفون (Motofone) يمكن إستخدامهما بأى زاوية نظر فى الظل كما فى الشمس ولذا فإنه يكون مهمًا حين تكون درجة الإضاءة وزاوية الرؤية لهما أهمية كبرى.

شكل ٣٨ - تليفون محمول موتوفون من موتورولا (الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها دون قيود تحت بند Public domain)

٥ . مكونات سمعية : (Audio Components)

قامت شركة سونى بمشاركة شركة أخرى تسمى أجينيموتو (Ajinomoto) بإنتاج غشاء للاستخدام فى مكبرات الصوت من النانوسليولوز البكتيرى. لقد كان سعر السماعات التى تستخدم هذا الغشاء يتعدى ٣٠٠٠ دولار أمريكى إلا أن هذا السعر انخفض حاليا بدرجة كبيرة وهذا شأن كافة المخترعات الجديدة.

٦ . حفظ موارد الغابة: (Preservation of Forest Resources)

يعتبر الحفاظ على الغابات بنباتاتها وأشجارها من الأمور البيئية ذات الأهمية القصوى لدورها فى منع ارتفاع درجة حرارة الأرض عند امتصاصها لثانى أكسيد الكربون، الا أن استخدام الأشجار لإنتاج الورق والأثاث ومواد البناء يؤدى بالتأكيد إلى استنفاذ تلك المصادر الطبيعية. لقد جاء إنتاج السليولوز البكتيرى كبديل للسليولوز النباتى ليحل جانبا مهمًا من تلك المشكلة لمقدرة البكتيريا على النمو السريع الذى لا يقارن بأى نوع من النمو فى الكائنات الحية الأخرى، فهذه البكتيريا تتمكن فى أيام معدودة من إنتاج السليولوز النانوى بينما تحتاج الأشجار لأكثر من ثلاثين عاما لاكتمال نموها.

ب - الغذاء النانوى

يسمى الغذاء نانويا عندما تدخل الحبيبات النانوية أو تقنيات وأدوات النانوتكنولوجى فى الزراعة أو الإنتاج أو التصنيع أو التغليف، ويرتبط لفظ الغذاء النانوى (Nanofood) بتحسن الطعم أو اللون أو طرق التخزين أو الكشف عن التلف، ومما هو جدير بالذكر أن الأدوات والتقنيات النانوية تتداخل فى جميع مراحل إنتاج الغذاء وكما يقال من المزرعة إلى المائدة مرورا بأساليب الزراعة والتصنيع الغذائى والتغليف بل والغذاء نفسه.

يتوقع خبراء صناعة الأغذية أن تؤثر التكنولوجيا النانوية تأثيرا كبيرا فى المنتجات الغذائية بشكل مباشر أو غير مباشر. ومن المسلم به أن معظم المواد الغذائية تحتوى على مركبات طبيعية نانوية، فوحدة بناء البروتينات وهى الأحماض الأمينية يتراوح حجمها بين ١ و نانومتر و ١٠ نانومترات وينطبق الأمر نفسه على غالبية المواد الكربوهيدراتية والليبيدات، وتعد الخصائص الوظيفية للعديد من المواد الخام الجديدة والنجاح فى تجهيز المواد الغذائية من نتائج وجود البنى النانوية أو تحويرها أو توليدها أو تجمعها ذاتيا، والفهم الأفضل لطبيعة البنى النانوية فى الأغذية سوف يتيح انتقاء المواد الخام وتحويرها ومعالجتها على نحو أرشد، ومن ثم فإنه من المرجح أن يساعد تطبيق التكنولوجيا النانوية على إدخال تحسينات مستمرة لجودة الأغذية وأمانها.

وتشير دراسة دقيقة للمنتجات المتاحة أو المنتجات الجارى استحداثها إلى أن أحد مجالات النمو الرئيسية سيكون استحداث تركيبات نانوية جديدة للإضافات الغذائية من أجل تحسين وظيفتها. ومن الأمثلة الأخرى لاستخدام التكنولوجيا النانوية فى صناعة الأغذية مجال المواد الملامسة للأغذية، فالمواد النانوية التركيب متاحة بالفعل كعبوات أو أغلفة فى الحاويات البلاستيكية لمنع تسرب الغاز وإطالة مدة الحفظ.

من أمثلة التطبيق غير المباشر للتكنولوجيا النانوية فى صناعة الأغذية استخدام الشرائح النانوية للكشف عن الملوثات الكيميائية والبيولوجية مما

سيكون له أثر كبير فى أمان الأغذية وجودتها، بالإضافة إلى ذلك فإنه من الممكن أن يترتب على استعمال المرشحات النانوية الحجم فى معالجة المياه والمعالجة البيئية آثار إيجابية فى مجال السلامة الغذائية خصوصا فى البلدان النامية.

التغليف :

يعتبر استخدام النانوتكنولوجى فى تعبئة الغذاء أكثر التقنيات استخداما بشأن الغذاء النانوى، وهى تنقسم إلى نوعين:

الأول يسمى التغليف النشط ويضم المواد التى تحافظ على الغذاء فى الصورة المميزة له والتى تمنع فساده مثل استخدام الأغشية النانوية كمواد حاجزة للهواء لمنع تلف الغذاء واستخدام الرقائق أو الأغشية البلاستيكية النانوية التى تزيد من العمر التخزينى للغذاء والمقاومة للميكروبات. ومن أمثلة ذلك استخدام المواد النانوية كمادة مالئة فى إنتاج البلاستيك المعد لتصنيع عبوات البيرة لزيادة كفاءتها فى حماية السوائل داخلها وبذلك تقوم بالدور الذى تقوم به العبوات الزجاجية تماما لأن استخدام العبوات البلاستيكية العادية فى تعبئة البيرة يؤدى إلى تسرب الغازات التى تحافظ على طعمها وبقائها فى حالة طازجة، بالإضافة إلى ذلك فإن استخدام المواد النانوية سوف يطيل العمر التخزينى للبيرة من ستة أشهر فى العبوات الزجاجية إلى ثمانية عشر شهرا.

والآخر يسمى التغليف الذكى الذى يتغير مع البيئة كاشفا عن وجود كائنات ممرضة ملوثة للغذاء كالسالمونيللا مثل وصل الأجسام المضادة بالحبيبات النانوية الفلوريسينتية المكونة للغلاف للكشف عن مسببات المرض الكيميائية والبيولوجية، وقد تعدى الأمر ذلك ففى هولندا توصل العلماء إلى إنتاج عبوات ذكية تطلق مواد حافظة للغذاء المعبأ عند الإحساس ببدء تحلله مما يطيل من عمره التخزينى. كما أن التغليف الذكى سوف يتضمن استخدام الحواس النانوية لمراقبة الحرارة والرطوبة وفترة الصلاحية.

ومن الأغلفة الذكية التى تقوم بالكشف عن التلوث الميكروبى وعن ارتفاع درجة حرارة الغذاء ذلك الذى تم تطويره فى إيطاليا بواسطة فريق بحثى من

جامعة بيزا والذى يتحلل بمجرد التخلص منه بفعل الميكروبات فى التربة أو فى المياه عذبها ومالحها. هذا الغلاف يتكون من غشاء من البوليستر المخلوط بصبغة خاصة تتمتع بصفات الأمان من وجهة النظر الغذائية تتجمع حول البوليمر المكون للغشاء المغلف وعند ارتفاع درجة الحرارة أو حدوث أى تشوه فى هذا الغشاء المغلف ينتج لون أزرق فلوريسينتى.

أساليب الزراعة:

تقدم النانوتكنولوجى إسهامات هائلة فى هذا المجال قد تغير من أساليب الزراعة المعروفة مع زيادة دقة هذه الأساليب. أول هذه الإسهامات هو طمر الحواس النانوية فى الحقل لقياس كل شىء بداية من تركيز المواد الغذائية والمحتوى المائى فى التربة إلى وجود مسببات الأمراض النباتية من بكتيريا وفطريات وآفات حشرية وغيرها والتى يمكن مقاومتها بتفاعل هذه الحواس مع الحبيبات أو الكبسولات النانوية لتوصيل كميات محددة من المبيدات البكتيرية أو الفطرية أو الحشرية، كما أن هذه المواد النانوية يمكن استخدامها فى توصيل المخصبات والهرمونات بكميات متحكم فيها أيضا وبالطبع فإن ذلك يؤدى إلى خفض التكلفة الكلية للعمليات الزراعية بالإضافة إلى تقليل نسبة تلك المواد سواء كانت المبيدات أو المخصبات فى البيئة.

حيوانات المزرعة:

بالنسبة للحيوانات فإنه من الممكن غرس شريحة نانوية لتعقبها ومراقبتها والتعرف عليها كما يمكن عن طريق تلك الشريحة القيام بتحصين تلك الحيوانات والكشف عن الأمراض التى تصيبها ومقاومتها.

النباتات كمصانع نانوية:

أصبح بالإمكان الآن زراعة النباتات بهدف إنتاج المواد النانوية، ومن أمثلة ذلك زراعة نبات البرسيم فى تربة غنية بالذهب حيث يقوم النبات بتجميع حبيبات الذهب النانوية فى أنسجته ومن ثم يتم استخلاصها.

التصنيع الغذائى:

يتم إضافة الحبيبات والكبسولات النانوية أثناء مراحل التصنيع الغذائى لإطالة العمر التخزينى، ولتغيير صفات الغذاء كتغيير المذاق أو رفع القيمة الغذائية. وكمثال لذلك مايحدث فى أستراليا من إضافة الكبسولات النانوية المحتوية على زيت التونة الغنى بمحتواه من الأحماض الدهنية- أوميجا 3 إلى واحد من أكثر أنواع الخبز الأبيض شعبية هناك والمسمى تب توب (Tip Top Bread) حيث تتحلل الكبسولات النانوية فى المعدة مطلقة الأحماض الدهنية وبذلك يتم تفادى الطعم غير المستساغ لهذا الزيت فى الوقت الذى تتحسن فيه القيمة الغذائية للخبز .

ومن الأمثلة الأخرى إنتاج مواد نانوية مستحلبة يتم إضافتها إلى الأيس كريم الفقير فى محتواه الدهنى ليعطيه نفس الطعم كما لو كان كامل الدسم.

بالنسبة للإضافات الغذائية فقد كانت غالبية نظم إصدار الموافقة على الإضافات الغذائية فى الماضى لا تضع فى الحسبان حجم المادة المضافة، ومن الواضح أن هذا الأمر يشكل أحد الجوانب المهمة لأن المواد النانوية قد تتم معالجتها داخل الجسم بطرق غير الطرق التى تعالج بها نظائرها الكبيرة التى سبق وصدرت الموافقة عليها، ومن ثم فقد يلزم أن تكون اللوائح المستقبلية أكثر تحديدا فيما يتعلق بتلك المسائل.

مستقبل الغذاء النانوى:

حتى يومنا هذا لم يتم إنتاج الغذاء بشكل مباشر من خلال تقنيات النانوتكنولوجى، أما المستقبل فقد يحمل إنجازات غير متصورة حاليا فمن المحتمل على المدى البعيد أن تنتج الآلات النانوية الغذاء من خلال ربط الجزيئات النانوية بعضها ببعض أى التحكم التام فى الغذاء لأقصى درجة، أما التطورات التى من المحتمل حدوثها على المدى القصير فإنها متعددة ومنها: تعبئة الأيس كريم فى عبوات تعكس الحرارة للحفاظ على قوامه فى الأماكن الحارة، وكذلك العبوات التى تصلح نفسها ذاتيا عند حدوث ثقب مثلا بها. وأيضا العبوات التى

تتغير صفاتها تحت ظروف معينة كعبوات اللبن الكرتونية التى يتغير لونها عند فساد اللبن بداخلها.

الغذاء النانوى بالأرقام:

يقدر عدد المنتجات الغذائية النانوية على مستوى العالم حوالى ٦٠٠ منتج.

يعتقد أن النانوتكنولوجى سوف تتداخل وتؤثر على أكثر من ٤٠٪ من الصناعات الغذائية بحلول عام ٢٠٢٥ .

قدرت القيمة التسويقية للمنتجات النانوية من ٢,٦ مليار دولار عام ٢٠٠٣ إلى ٥,٣ مليار فى ٢٠٠٥ ومن المتوقع أن تصل إلى ٢٠,٤ مليار فى عام ٢٠١٥ .

تكلفة التغليف النانوى قدرت عام ٢٠٠٥ بـ ١,١ مليار دولار وفى عام ٢٠١٠ بـ ٧,٣ مليار.

عدد الشركات المهتمة فى البحث والتطوير والإنتاج فى هذا المجال يصل إلى ٦٠٠ شركة معظمها فى الولايات المتحدة ثم اليابان والصين.

بحلول عام ٢٠١٥ يتوقع أن تصبح الصين هى المنتج الأول للغذاء النانوى وأن تكون قارة آسيا هى المستهلك الأول للغذاء النانوى نتيجة لتعدادها السكانى البالغ أكثر من نصف سكان العالم.

جـ - المشروبات الذكيـة

يرتبط هذا المجال أيضا بالغذاء النانوى حيث إنه سيصبح بإمكان جميع الأشخاص شراء نفس المشروب إلا أن كلاً منهم سيقرر ماذا سيكون هذا المشروب سيحدد كل شخص طعمه ومذاقه وتركيزه وقوامه حسب الرغبة وهذا هو ما أعلنت عنه شركة كرافت الشهيرة. هذه المشروبات التى ستسمى المشروبات الذكية (Smart Drinks) سوف تحتوى على كبسولات نانوية يمكنها إنتاج ألوان وطعم ورائحة لآلاف من المشروبات (الكل فى واحد). سوف يتم تسويق هذا المشروب الذكى كمشروب عام يحتوى على الكبسولات المتعددة الإمكانيات بدءا من إمكانية جعله عصير فواكه إلى كونه مشروبًا من مشروبات

الكولا أو إمكانية كونه نبيذًا .... إلخ، وليس على المستهلك سوى تعريض هذا المشروب العام إلى تردد معين من الموجات فوق الصوتية أو لفترة معينة فى فرن الميكروويف حتى يحصل على ما يريد.

د - المنسوجات النانوية

عند استخدام الألياف النانوية أو إضافتها لمكونات المنسوجات التقليدية سواء كانت طبيعية أو صناعية فإن ذلك يمنح المنسوجات الناتجة التى تسمى المنسوجات النانوية (Nanotextiles) صفات جديدة مثيرة لدرجة أن البعض يطلق عليها اسم المنسوجات الذكية (Smart Textiles) هذه الصفات يمكن إجمالها فى كونها:

- ذاتية التنظيف.
- مقاومة للكرمشة.
- طاردة للماء والزيت.
- تستطيع امتصاص روائح الجسم.
- تستطيع تغيير لونها مع تغير الظروف المحيطة كتغير الإضاءة مثلا.
- تستطيع استبعاد الغازات السامة.
- مقاومة للبكتيريا (بإضافة حبيبات الفضة النانوية إلى الأنسجة كمادة مضادة للبكتيريا).

لقد قامت إحدى شركات المنسوجات اليابانية تسمى يونيتيكا (Unitika Tex-tiles Ltd) بإنتاج نسيج ذكى لديه المقدرة على طرد الماء والزيوت سمى نانوبيل (Nanopel) بإضافة مواد نانوية إلى النسيج الأصلى سواء كان قطنًا نقيًا أو خليطًا من القطن والبوليستر أو البوليستر الخالص. وقد قررت الشركة تسويق هذه المنتجات المتميزة قريبا جدا.

كما قامت الشركة بإنتاج نوع آخر من المنسوجات الذكية سمى نانودراى (Nanodry) من البوليستر كاره للماء يجف بسرعة ويعطى شعورا مريحا بالإضافة إلى إنتاج منسوجات مضادة للبكتيريا وأخرى مزيلة للروائح الكريهة.

الباب الثالث

الوجه
الآخر للنانوتكنولوجى

الفصل العاشر

مضار ومخاطر للنانوتكنولوجى

من المسلم به أن أى تقدم أو إنجاز علمى قد يكون له آثاره الإيجابية والمفيدة للإنسان فى نفس الوقت الذى قد يحمل الضرر والخطر أو على الأقل جانب منه. وكالعادة فعند التوصل إلى أى إنجاز علمى كبير تبرز الانتقادات وتنتشر المخاوف كما حدث فى الثورة الصناعية الأولى وعند اختراع الكمبيوتر والهندسة الوراثية وغيرها والنانوتكنولوجى ليس استثناء من ذلك. لكن اللافت للنظر أن التقدم فى مجال النانوتكنولوجى حدث بسرعة كبيرة بالمقارنة للتقدم البطىء الذى صاحب الثورة الصناعية وبالتالى لم تتح الفرصة للاستعداد أو التكيف مع هذه الثورة التكنولوجية الجديدة.

تتركز الانتقادات هنا على عنصرين : الأول هو أن الجزيئات النانوية صغيرة جدا إلى حد أنه يمكنها التسلل وراء جهاز المناعة فى الجسم البشرى، وبإمكانها التسلل خلال الجلد والرئتين بل والمخ أيضا. وثانى المخاوف هى أن يصبح الروبوت النانوى ذاتى التكاثر حيث يمكنه التكاثر بلا حدود والسيطرة على كل شىء فى الحياة. ومن الآثار غير المريحة لهذه الثورة أنها تتيح مجالا لسباق جديد فى التسلح بين الأمم التى تمتلك مفاتيح تلك التقنية الجديدة هذا السباق يمكن أن يكون أكثر حدة وآثاره أكثر تدميرا فالأسلحة ستصبح أصغر وأرخص. أيضا سوف يسبب الاستخدام المفرط للمنتجات النانوية التى ستكون رخيصة

العديد من الأضرار البيئية مما قد يؤدى إلى تشريعات مقيدة لإنتاجها تفتح الباب أمام السوق السوداء و إلى إنتاجها بصورة غير شرعية أو كما نسميه مصانع بئر السلم التى لن تكون مجهزة تماما لهذه التقنية المتطورة وبالتالى تكون الخطورة بالغة من تداول هذه المنتجات.

وقد بدأت منظمات البيئة والصحة العالمية فى تنظيم المؤتمرات لبحث هذه المخاطر، ومهما يكن فالإنسان على أبواب مرحلة جديدة تختلف تماما عما سبقها جديدة بإيجابياتها وكبيرة بسلبياتها، وطالما أنه لا أحد يمكنه الوقوف فى وجه هذا التطور الكبير ، فلنحاول تعزيز الإيجابيات وتقليص السلبيات.

وإجمالا فإنه يمكن إيجاز الجانب غير المشرق لهذه التكنولوجيا الحديثة فى جانبين الأول هو السمية التى قد تنتج عن المواد النانوية، والآخر إمكانية الاستغلال الضار أو المدمر لها.

أولا: السمية النانوية: (Nanotoxicity)

تمتلك النانوتكنولوجى المقدرة على تغيير وتحسين قطاعات كثيرة من بينها إنتاج السلع الاستهلاكية التى تحتوى على المواد النانوية والتى قدر عددها حتى الآن بأكثر من ٢٠٠ منتج. ومن المعروف أن الحبيبات النانوية تدخل فى صناعة المراهم الواقية للشمس وفى أدوات التجميل ومعاجين الأسنان وفى طلاء الأدوات الصحية وفى شرائح السليكون وفى المنتجات الغذائية وغيرها، وهناك استثمارات تتزايد عاما بعد آخر فى مجال الصناعات النانوية ومن المتوقع استمرار تزايد تلك الاستثمارات. كل هذه التطبيقات الإيجابية للتكنولوجيا النانوية أصبحت واضحة ومعترفًا بها، الا أنه على الجانب الآخر فإن التاثيرات الضارة لهذه التكنولوجيا لم يتم التنبه إليها جيدا سواء كان ذلك على الإنسان أو البيئة.

مع التطور السريع للنانوتكنولوجى وتطبيقاتها وبدء تداول الكثير من منتجاتها فمن الطبيعى تعرض الإنسان والبيئة للمواد النانوية أثناء دورة حياتها بدءا من مرحلة التصنيع وانتهاء باستهلاك منتجاتها. المواد النانوية وكما ذكر من قبل

تمتلك العديد من الخواص الجديدة المفيدة فى نفس الوقت الذى تحمل فيه خصائص أخرى قد تكون لها آثارها الضارة على صحة الإنسان. هذه الاحتمالية أنشأت اهتماما جديدا من قبل المتخصصين والحكومات بل ومن العامة فى محاولة التأكد من تلك الإمكانية والعمل على تلافيها أو الاستعداد لها. ومن بين هذه الاهتمامات نشوء تخصص نانوى جديد سمى بعلم السمية النانوية (Nanotoxicology). ودراسة السمية النانوية هذه تهدف إلى معرفة إمكانية ومدى تهديد تلك المواد النانوية للإنسان والبيئة على السواء. لقد أصبحت المعلومات حول خطورة هذه المواد أو أمانها فى غاية الأهمية ويستدعى ذلك إجراء الكثير من الدراسات البحثية فى هذا المجال.

عند استنشاق المواد النانوية فإنها قد تنتشر وتترسب فى جميع أجزاء الجهاز التنفسى ويساعد حجمها الدقيق على اختراق الخلايا والوصول إلى أماكن مهمة ومؤثرة عبر تيار الدم والليمف مثل الوصول إلى نخاع العظام والكبد والطحال والقلب والعقد الليمفية بالإضافة إلى الجهاز العصبى المركزى والعقد العصبية. كما أن الحبيبات النانوية يمكنها الوصول إلى الجهاز الليمفى باختراقها للجلد عند الاستخدام الموضعى بالإضافة إلى مقدرة الكوانتم دوت المحقون فى الجلد من التراكم فى العقد الليمفية مسببا أضرارا بالغة للجهاز المناعى .

وبالإضافة إلى التاثيرات السلبية المباشرة للمواد النانوية على صحة الإنسان، فإن هناك أيضا تأثيرات سلبية لها على البيئة تؤدى إلى نفس المضار فيما بعد على صحة الإنسان أيضا وعلى الكائنات الأخرى خصوصا تلك التى تدخل فى السلسلة الغذائية للإنسان. وقد نشأت تلك المخاوف من أن المواد النانوية المتراكمة فى عناصر البيئة المختلفة تمتلك مقدرة عالية على تجميع العناصر الثقيلة والمبيدات وغيرها من الملوثات البيئية وعند امتصاصها بواسطة النباتات فإن هذه الملوثات تنتقل إلى الإنسان أو إلى الحيوانات التى يستهلك الإنسان لحومها وألبانها ومن ثم تصل إلى الإنسان أيضا مسببة نفس المخاطر والأضرار.

• **سمية الفللورينات:**

أوضحت االدراسات البحثية القليلة التى تمت حتى الآن أن الفللورينات لها بعض التأثيرات الضارة على الكائنات الحية، فعند ملامسة فللورين C60 للماء وجد أنه يكون تلقائيا تجمعات نانوية ثابتة يقدر حجمها بـ ٢٥ ـ ٥٠ نانومترًا، وقد ثبت أن التركيزات المنخفضة فى حدود ٠,٤ جزء فى المليون من هذه التجمعات يكون مثبطا لنمو الكثير من الكائنات الأولية أما التركيزات الأعلى (٤ جزء فى المليون) فإنها تقلل من معدل التنفس الهوائى وبالتالى تتحكم فى مدى انتشار تلك الكائنات الحية فى البيئة.

تم دراسة أثر سمية الفللورين C60 على نوعين من الكائنات الحية المائية هما برغوث الماء (Daphnia)، وأحد أنواع الأسماك التى تعيش فى أمريكا الشمالية الذى يسمى علميا Pimephales ووجد أنها تسبب زيادة فى التحلل التأكسدى لليبيدات (Lipid Peroxidation) فى المخ وفى الخياشيم مما يؤدى إلى تلف الخلايا.

فى تجربة للباحثة إيفا أوبردورستر (Eva Oberdörster) عالمة السموم المائية فى جامعة ساوثرن ميثوديست (Southern Methodest) فى دالاس عام ٢٠٠٤ (مرجع رقم ٤٨) أثبتت أن إضافة فللورين C60 إلى المياه التى تعيش فيها أسماك القاروص (Largemouth Bass) بنسبة لا تتعدى نصف جزء فى المليون تؤدى إلى زيادة الإصابة بتلف الدماغ فى هذه الأسماك بعد ٤٨ ساعة فقط بمعدل ١٧ ضعفاً النسبة المعتادة، بالإضافة إلى ملاحظة وجود التهابات فى الكبد. وقد تم تأييد تلك الدراسة بدراسات أخرى من باحثين آخرين أوضحوا فيها أن C60 المذابة فى الماء ترتبط بالحلزون المزدوج لجزيئات الحمض النووى دنا مما ينتج عنه تشوهات فى الدنا تؤثر بشدة على الوظائف البيولوجية وآثار جانبية ضارة طويلة المدى على الإنسان والكائنات الحية الأخرى.

من ناحية أخرى فقد وجد الباحثون فى جامعة تكساس أن أنابيب الكربون النانوية التى تم إدخالها عبر القصبة الهوائية للفئران سببت التهابات خطيرة فى

الرئتين بل إن خمسة من الفئران التى تلقت جرعات عالية لقت حتفها. وفى دراسة مماثلة أثبت الباحثون فى المعهد القومى للسلامة والصحة الوظيفية فى ولاية فرجينيا الغربية حدوث تلف لدنا الميتوكوندريا فى القلب والشريان التاجى مع حدوث تلف تأكسدى (Oxidative Damage) بالغ مما يعد إنذارا لحدوث تصلب فى الشرايين.

وفى دراسة لجامعة توتورى (Tottori) اليابانية وجد أن أنابيب الكربون النانوية بدأت فى التسرب بعد دقيقة واحدة من معاملة الممرات الهوائية الدقيقة للفئران والوصول إلى الشعيرات الدموية حيث تعادل شحناتها السالبة الشحنات الموجبة لكرات الدم الحمراء مسببة تجمعها ومجلطة للدم. وبالمثل فقد سجل باحثون آخرين فى جامعة روشيستر (Rochester) الأمريكية زيادة معدل تجلط الدم فى الأرانب عند استنشاقها لأنابيب الكربون النانوية.

سمية الحبيبات النانوية:

من المتوقع أن يؤدى التوسع فى بحوث المواد النانوية إلى ضخ العديد من الحبيبات النانوية إلى البيئة مما سيؤدى فى النهاية إلى تلويثها للبيئة (Nano-particle Pollution) إلا أنه إلى الآن لم تتوفر أى دراسات تفصيلية عن ميكانيكية إنتقالها أو تحللها حيويا أو ارتباطها بالمواد البيولوجية التى يمكنها التخلص من تلك الحبيبات النانوية، بالإضافة إلى ذلك فإن الدراسات التى تتعرض لتأثير الحبيبات النانوية على النبات وعلى الميكروبات نادرة. وقد وجد فى إحدى هذه الدراسات النادرة أن حبيبات الألومينا النانوية (Alumina Nanoparticles) الشائعة الاستخدام فى الطلاءات الشفافة المقاومة للخدش وفى مستحضرات الوقاية من الشمس (Sunscreens) التى توفر الحماية من الأشعة فوق البنفسجية تؤدى إلى نوع من التسمم النباتى (Phytotoxicity) حيث تعوق نمو جذور بعض النباتات المهمة اقتصاديا مثل الذرة والخيار وفول الصويا والكرنب والجزر.

وتمثل الحبيبات النانوية الخطر الحقيقى المحتمل على صحة الإنسان وعلى البيئة من جراء استخدام المنتجات النانوية، ومعظم المخاطر تعزى إلى اتساع مساحة سطح تلك الحبيبات النانوية بالمقارنة مع حجمها مما يجعل هذه

الحبيبات نشطة جدا من وجهة النظر الكيميائية والبيولوجية. هذه الحبيبات يمكنها المرور خلال الجدر الخلوية للكائنات الحية والتفاعل معها بصورة غير مفهومة تماما الآن.

وقد أوضحت الدراسات على حيوانات التجارب أن الحبيبات النانوية المستنشقة تستطيع اختراق الخلايا والأنسجة والأعضاء لتصل وتتراكم فى أماكن غاية فى الأهمية كالمخ مثلا عن طريق العصب الشمى مسببة تغيرات كيموحيوية قد تكون مميتة.

بالنسبة للحبيبات النانوية التى تدخل فى تركيب المراهم والكريمات الواقية من أشعة الشمس أو فى مستحضرات التجميل والتى تستخدم موضعيا فإن إمكانية امتلاكها لتأثيرات ضارة على الصحة مازالت غير معروفة إلى الآن وفى انتظار الانتهاء من الدراسات التى تجرى حاليا للبت فى أمرها بشكل نهائى حيث يقوم حاليا فريق من علماء معهد العلوم الطبية الحيوية (Biomedical Sciences Institute) فى جامعة أوليستر (Ulster) الأيرلندية الشمالية بقيادة فيفيان هوارد (Vyvyan Howard) أستاذ علم الأمراض والسموم والدكتور كريستيان هولسكر (Christian Holscher) الخبير فى مرض الزهايمر بدراسة العلاقة بين بعض الحبيبات النانوية المصنعة مثل التى توجد فى مراهم الوقاية من الشمس والإصابة بمرضى الزهايمر وباركنسون. هذه الدراسة التى يمولها الاتحاد الأوروبى بمبلغ 350 ألف يورو لمدة ثلاث سنوات هى جزء من مشروع عالمى يسمى نيورونانو (NeuroNano) يضم علماء من جامعات أوروبية وأمريكية بالإضافة إلى علماء من المعهد القومى اليابانى لعلم المواد (National Institute of Materials Science) لتحديد ما إذا كانت تلك الحبيبات النانوية تشكل مصدرا للتسمم العصبى وما يستتبعه من خطر على الإنسان خصوصا الإصابة بمرضى الزهايمر وباركنسون.

أما الكوانتم دوت المتكونة من حبيبات سيلينايد الكادميوم النانوية المستخدمة فى عمليات تصوير أنسجة الجسم الداخلية فإنها تتحلل فى الجسم مطلقة الكادميوم وهو عنصر من العناصر الثقيلة السامة.

● **ميكانيكية عمل المواد النانوية:**

ينتج عن النشاط الكيموحيوى الزائد للمواد النانوية أن يزداد إنتاج الذرات أو الجزيئات التى تحتوى على الأكسجين الفعال (Reactive oxygen) خصوصا مايسمى بالشوارد[١٦] (Free radicals) التى تسبب مايعرف بالتلف التأكسدى للخلايا.

هذه الشوارد عبارة عن ذرات أو جزيئات تحتوى على عدد مفرد من الإلكترونات فى مدارها الخارجى وهى حالة من عدم الاستقرار مما يجعلها فى حاجة إلى العودة إلى حالة الاستقرار ثانية ويكون ذلك بحصولها على إلكترونات تلتقطها عشوائيا من ذرات أو جزيئات فتدخل إلى حالة عدم الاستقرار وتحتاج الحصول على إلكترونات من ذرات أو جزيئات أخرى لتبدأ سلسلة من التفاعلات (Free Radical Chain Reaction) تؤدى فى النهاية إلى تلف بعض المركبات أو العضيات الخلوية.

أكثر العضيات الخلوية تعرضا للتلف هى الأغشية البلازمية حيث إن الشوارد تتلف الليبيدات فى الأغشية الخلوية محدثة مايسمى التحلل التأكسدى لليبيدات، وعندما تحصل الشوارد على الإلكترونات من تلك الليبيدات فى أغشية الخلية تتأثر الوظائف الحيوية لتلك الأغشية البلازمية كالنفاذية الاختيارية ونقل الإلكترونات وغيرها، كما تتأثر الأحماض النووية الدنا والرنا والميتوكوندريا والإنزيمات وبالتالى تكون النتيجة موت الخلايا.

ولقد ثبت أن وجود العناصر المعدنية يضاعف من تأثير الشوارد كثيرا، كما أن الحجم الصغير جدا للحبيبات النانوية يعنى إمكانية اختراقها جلد الإنسان السليم بصورة أسهل من الحبيبات الأكبر حجما كما أنه يؤدى إلى شغلها لحجم قليل وزيادة أعدادها ومساحتها السطحية فى وحدة الكتلة وبالتالى يزداد التأثير الفتاك. إن الجلد السليم غالبا مايمثل عائقا أمام حركة الحبيبات الكبيرة الحجم التى لا تستطيع النفاذ إلا فى حالات معينة للجلد كإصابته بالإكزيما أو من خلال

الجـروح أو غـيرهـا من الإصـابات الجلديـة. كـمـا تسـتطيع تلك المواد النانوية الوصول إلى تيار الدم بعد استنشاقها أو ابتلاعها ومن ثم تنتقل إلى كافة أنسجة وأعضاء الجسم كالقلب والكليتين والطحال ونخاع العظام والجهاز العصبى، ليس هذا فقط بل تتمكن أيضا من اختراق العضيات الخلوية كالميتوكوندريا والنواة، وقد وجد أن المواد النانوية تسبب طفرات وتغيرات تركيبية فى الدنا وفى الميتوكوندريا يتسبب عنها موت الخلايا.

لقد اتفق الجميع على أن العامل الرئيسى فى سمية المواد النانوية هو صغر حجمها ولكنه ليس هو العامل الوحيد إذ أن التركيب الكيميائى والشكل والتركيب السطحى والشحنات السطحية وتجمعها وذوبانها ووجود أو غياب المجموعات الفعالة كلها عوامل مساعدة فى تحديد سمية تللك المواد النانوية، ونتيجة لتداخل كل هذه العوامل فإنه يصعب بلورة تعميم سمية هذه المواد وطرق تلافيها وبالتالى فإنه من الضرورى دراسة كل حالة على حدة ووضع تصورات تختلف باختلاف المادة النانوية.

ثانيا: الاستخدامات العسكرية: (Military Uses)

من المسلم به الآن أن التكنولوجيا النانوية يمكن أن توفر منافع هائلة تم استعراض القليل منها هنا من قبل فى الوقت نفسه فإنها يمكن أن تستخدم بواسطة العسكريين فى تخليق أسلحة للدمار الشامل لا يمكن لأحد تخيلها حاليا، ولما كانت هذه التكنولوجيا تسمح ببناء المواد ذرة بذرة فإن ذلك قد يؤدى إلى إنتاج مواد جديدة تماما مفصلة تفصيلا جيدا للقيام بتلك المهمة.

معظم البحوث الخاصة باستخدام النانوتكنولوجى فى المجال العسكرى تتم فى الولايات المتحدة الأمريكية وقد تم اعتماد ميزانيات متدرجة لوزارة الدفاع لأجل هذا الهدف بدأت بسبعين مليون دولار عام ٢٠٠٠ ووصلت عام ٢٠٠٦ إلى ٤٣٠ مليون دولار (مرجع رقم ٨)، كما تم تأسيس معهد بحوث النانوتكنولوجيا العسكرية (Institute for Soldier Nanotechnologies) بمبلغ تم تقديره بأكثر من ٥٠ مليون دولار أمريكى فى الفترة الماضية.

ومن المهم هنا الإشارة إلى أنه هناك استخدامات عسكرية للنانوتكنولوجى غيرضارة فمنها ماهو مطلوب لحماية الجنود وأدواتهم القتالية ومنها الدروع الحربية (Military Armors). وقد كشفت البحوث فى الولايات المتحدة لإنتاج نوع جديد من الدروع الحربية عن طريق دمج الحبيبات النانوية مع مواد من السيراميك لإنتاج دروع للجنود وللمركبات على السواء تتميز بقوتها وصلابتها الكبيرة.

وهناك أيضا الدرع السائل (Liquid Body Armor) وهو درع يشبه الصديرى يتم تطويره حاليا فى معامل بحوث الجيش الأمريكى لحماية حياة الجنود، يتميز هذا الدرع بخفة وزنه ومرونته مما يسهل من حركة الجنود ولا يعوق أداء مهامهم القتالية بالمقارنة بما هو متاح حاليا من سترات الأمان، بالإضافة إلى انخفاض تكلفته الإنتاجية. المكون الرئيسى لهذا الدرع السائل ذوى المواصفات غير العادية هو البولى إيتيلين جليكول غير السام الذى يتميز بقدرته على تحمل درجات الحرارة المختلفة معلق به حبيبات السليكون النانوية الصلبة. فى التعامل الطبيعى يكون هذا الدرع مرنا وينساب مثل السائل أما عند التعرض لطلقات من الرصاص فإنه يصبح صلبا ويمنع اختراق تلك الطلقات لجسم الجندى.

كما يقوم الجيش الأمريكى حاليا أيضا بتطوير درع آلى (Robocop Armour) يأمل فى استخدامه بحلول عام ٢٠٢٠، هذا الدرع يعمل كهيكل خارجى قوى طبقته الخارجية تمتلك القدرة الذاتية على التمويه والخداع بتغيير لونها بما يتماشى مع البيئة، كما أن الخوذة ستكون مزودة بمترجم فورى لصوت الجندى إلى أى لغة أجنبية أخرى وبكاميرا للرؤية الليلية. بالنسبة للملابس التى يتكون منها الدرع الآلى فإنها ستكون من الأنسجة الذكية المشبعة بأنابيب الكربون النانوية، هذا الدرع الذكى سوف يكون خفيفا ومرنا حتى يحس بأى رصاصة قادمة فى اتجاهه وعندها يتحول إلى درع مضاد للرصاص كما أنه سيصدر نبضات كهربية تمنع انطلاق الرصاصات المعادية من الأساس.

وبشكل عام فإنه يمكن تقسيم الاستخدامات العسكرية الفورية للنانوتكنولوجى إلى أربعة استخدامات رئيسية كما يلى:

أ ـ استخدام المواد النانوية مثل الأنابيب النانوية فى تصنيع الأزياء الرسمية وفى الأجهزة لجعلها أكثر قوة وأخف وزنا، إلا أن ذلك الاستخدام سيكون له بعض التأثيرات غير المرغوبة حيث سيؤدى تحلل تلك الأزياء والأجهزة إلى انطلاق مواد ليفية نانوية لتدخل الجسم مسببة أضرارا بالغة للجسم والبيئة على السواء.

ب ـ استخدام الحبيبات النانوية التى تستخدم كأغطية سطحية لجعلها أكثر صلابة وأكثر نعومة بالإضافة إلى جعلها كالشبح لا ترصد بالرادارات. هذه الحبيبات أيضا يمكن أن تدخل الجسم عن طريق الجلد والاستنشاق والجهاز الهضمى وتؤدى إلى تخليق الشوارد التى تسبب تلف الخلايا والتى تنتشر من خلال تيار الدم إلى جميع أجهزة الجسم ومن بينها أنسجة المخ.

جـ - استخدام مواد نانوية جديدة لم يتعرض لها الجسم البشرى من قبل والتى تختلف فى شدة سميتها عن العناصر المعروفة التى يتحملها الجسم من خلال المناعة الطبيعية.

د- أما أكثر الاستخدامات العسكرية فستكون القنبلة النانوية (NanoBomb) التى تحتوى على فيروسات مميتة مهندسة لتتمكن من التضاعف الذاتى والتى يمكنها مواصلة عملها حتى تبيد مجتمعًا أو بلدًا أو حضارة كاملة.

وبالنسبة للفترة من ٢٠١٠ ـ ٢٠٢٥ ستكون الاستخدامات العسكرية والمخاطر المتوقعة كما يلى:

١ ـ استخدام الكريات التنفسية أو كرات الدم الحمراء الصناعية التى ستحسن من أداء الإنسان وتؤدى إلى سخونة زائدة فى الجسم وإلى تحلل العديد من المركبات الحيوية فى الجسم وعند انطلاقها إلى البيئة سوف تزيد من أعباء التلوث.

٢ ـ استخدام كميات كبيرة من الأسلحة الذكية صغيرة الحجم خصوصا الأسلحة المبرمجة عن طريق الروبوتات النانوية واستخدام الذخيرة الموجهة دون الاعتماد على نظم التوجيه المعروفة يمكن أن تؤدى إلى أضرار غير متوقعة

للمقاتلين وللمدنيين على السواء، كما ستؤدى إلى تدمير البنية التحتية وتلوث البيئة.

٣ ـ منشطات المستقبلات الصغيرة التى تم تصميمها لزيادة اليقظة ولخفض الوقت اللازم لرد فعل البشر يمكن أن تسبب الإدمان أو الإعياء المؤدى إلى الضعف وإلى تحلل الأعصاب وفى النهاية إلى الموت.

أما أكثر المجالات العسكرية خصوبة للنانوتكنولوجى فهو مجال التجسس ففى عام ٢٠٠٦ أعلنت الحكومة الإسرائيلية عن عزمها إعطاء دفعة قوية لبحوث النانوتكنولوجى فى المجال العسكرى من أجل التوصل إلى روبوت نانوى طائر على هيئة دبور لا يزيد حجمه عن حجم الدبور الحقيقى أطلق عيه الدبور البيونى أو الإلكترونى (Bionic Hornet) يمثل الجيل القادم من طائرات التجسس بدون طيار (Drones) التى يتم التحكم فيها عن بعد حيث سيكون بإمكانه خوض الشوارع والحوارى الضيقة للبحث عن المطلوبين وتصويرهم بل وقتلهم.

كما أنه يمكن إدخال الروبوتات النانوية فى أنظمة الأسلحة المعادية أو فى مصادر العدو المعلوماتية لتحطيمها أو تجنيبها على أقل تقدير، كما يمكن إدخالها إلى أجسام أو حتى أمخاخ جنود العدو للسيطرة التامة عليهم وتوجيههم كالمنومين مغناطيسيا. إن تصنيع واستخدام الروبوتات مازال يثير الكثير من المخاوف نتيجة القلق من إمكانية التكاثر الذاتى لهذه الماكينات النانوية وفقد السيطرة عليها حيث تقوم بتدمير كل ما على الأرض بدءا بصانعيها.

- **تطوير الأسلحة البيولوجية:**

كما نعلم فإن الأسلحة البيولوجية أو الحرب البيولوجية هى استخدام مسببات الأمراض سواء كانت كائنات حية كالبكتيريا والفيروسات والفطريات أو سمومها كسلاح حربى. هذه الأسلحة البيولوجية قد تكون ضد الكائنات الحية مثل الإنسان أوالحيوان أوالمحاصيل الزراعية أو مصادر البيئة كالمياه أو الهواء. وقد أدت التطورات فى مجال النانوتكنولوجى إلى إمكانية استغلالها فى تطوير هذه

الأسلحة البيولوجية، كما أن النانوتكنولوجى قد مهدت الطريق لظهور أسلحة بيولوجية جديدة أكثر فتكا.

" وكما لاحظنا معا فيما سبق مدى ما يمكن أن تقدمة النانوتكنولوجى من إضافات مهمة وغيرعادية فى مجال الطب النانوى، إلا أنه وكما يحدث فى كافة التقنيات فإنه يمكن استغلالها فى الاتجاه المعاكس فالتقنية أى تقنية يمكن تشبيهها بالمشرط فى يد الجراح لإنقاذ حياة المرضى وفى يد المجرم لقتل الأبرياء. نفس الأمر بالنسبة للعوامل البيولوجية والكيميائية فباستخدام النانوتكنولوجى يمكن تحويلها إلى أدوات قتل يصعب اكتشافها وتكون أشد فتكا من الأسلحة البيولوجية المعروفة حاليا.

من أمثلة ذلك أنه يمكن استخدام طرق التوصيل الموجه المكتشفة حديثا لتوصيل العوامل الممرضة أو سمومها إلى المكان الأكثر تأثيرا فى الكائن الحى مثل استخدام الليبوسومات الحساسة حراريا (Thermally Labile Liposomes) التى تطلق محتوياتها فى المكان المستهدف عند إثارتها حراريا من مصدر خارجى. هذه الليبوسومات التى يمكن استخدامها لاستهداف الأورام وتدميرها عند تنشيطها بالموجات القصيرة أى الميكروويف (Microwaves) هى نفسها التى يمكن استخدامها لنقل المرض لمواضع مستهدفة عند تنشيطها بشكل انتقائى.

كما أن استخدام الحبيبات النانوية فى هذا المجال يزيد من سمية الأسلحة البيولوجية عند استنشاقها بسبب اتساع مساحتها السطحية بالنسبة لحجمها كما ذكر كثيرا من قبل.

أخطر من هذا كله فإنه يمكن إضافة جينات معينة للكائنات الممرضة المستخدمة لجعلها لا تصيب إلا أعضاء معينة فى الجسم أو مجموعة عرقية بعينها أو حتى شخصًا بعينه. أيضا فإنه من الممكن تخليق مواد تؤثر على وظيفة فسيولوجية محددة كما يمكن تعبئتها فى عبوات خفية يصعب اكتشافها بالوسائل المتاحة حاليا.

وعلى مايبدو فإن العسكريين فى العالم الآن على وشك البدء فى استخدام المواد النانوية والروبوتات النانوية والتكنولوجيا النانوية بشكل عام مما سيجعل أسلحة الدمار الشامل صغيرة الحجم وأخطر بكثير من الأسلحة النووية المعروفة حاليا. لقد أوضح الأدميرال ديفيد جرمايا نائب الرئيس السابق لهيئة أركان الحرب الأمريكية خطورة استخدام النانوتكنولوجى فى المجال العسكرى بقوله " إن للتطبيقات العسكرية للنانوتكنولوجى إمكانات أكبر من الأسلحة النووية فى تغيير توازن القوى جذريا حيث يمكن التهام قوة معادية فى ساعات قليلة بقطعان غير مرئية تقريبا لتريليونات من أجهزة الإنسان الآلى التى تتكاثر ذاتيا .

إن جيوشا هائلة كثيرة العدد والتعداد يمكن إبادتها بأعداد قليلة من الجنود والمعدات المجهزة بأسلحة الدمار الشامل البيولوجية والكيميائية التى تم إنتاجها من خلال التكنولوجيا النانوية.

الباب الرابع

الوطن العربى والنانوتكنولوجى

الفصل الحادى عشر

نحن والنانوتكنولوجى

● ليس غريبا أن تكون الدول الغربية وعلى رأسها الولايات المتحدة الأمريكية هى أول من اهتم بالنانوتكنولوجى وتطبيقاتها، ففى ٢١ يناير عام ٢٠٠٠ أعلن الرئيس الأمريكى الأسبق بيل كلينتون المبادرة الوطنية للنانوتكنولوجى، وليس المهم هو الإعلان فى حد ذاته فهذا العلم بدأ قبل هذا التاريخ بالفعل ولكن الإعلان الحكومى جاء ليؤكد اهتمام الدولة ممثلة فى رئيسها بالعلم وبأى تقدم يحدث فيه ولم يكن هذا لمجرد التشجيع ولكن عن اقتناع بضرورة سيطرة أمريكا على العالم بعلمها أساسا ولذا كانت الميزانيات الضخمة التى تعتمد للبحوث فى هذا المجال والتى قدرت فى عام ٢٠٠١ بـ ٤٩٧ مليون دولار ثم زادت فى السنوات التالية لتصل فى عام ٢٠٠٩ إلى ١٥ مليار دولار. وتجدر الإشارة إلى أن حجم ما يباع فى سوق النانوتكنولوجيا العالمية رغم حداثتها يقترب الآن من سبعمائة مليار دولار أمريكى، ويرى الخبراء أن القيمة سوف تصل فى عام ٢٠١٤ إلى ما يقرب من ٢,٩ ترليون دولار أمريكى وهو ما يعادل ١٧٪ من إنتاج العالم من السلع الضرورية للبشر فى ذلك الوقت.

● ومن الدول التى اهتمت كثيرا بالنانوتكنولوجى إسرائيل التى أعلنت مبادرتها الوطنية للنانوتكنولوجى وأنشأت المعاهد المتخصصة لها ورصدت الميزانيات الضخمة للأبحاث فى هذا المجال التى قدرت بـ ٢٣٠ مليون دولار

أمريكى خلال الأعوام الخمسة التى بدأت فى ٢٠٠٦، مما جعلها تتبوأ مكانة متميزة بين دول العالم فى هذا المجال بل إن من بين حوالى ٢٨٠ شركة من شركات النانوتكنولوجى فى العالم يوجد ربعها تقريبا فى إسرائيل، والمتصفح للبحوث العلمية التى تنشر فى هذا المجال سوف يعرف مدى المساهمة العلمية الإسرائيلية فى هذا المجال.

● ناهيك عن اليابان والدول الأوروبية، فهناك القوى الناشئة مثل الصين والهند وفيهما تم تأسيس المعاهد والشركات النانوتكنولوجية لتأهيل الكوادر البشرية التى ستقود قاطرة التنمية فى هذا المجال، وأيضا إيران وهى دولة إسلامية نجد اهتمامها يتزايد بالدراسات الخاصة بهذه التقنية وقد استعرضنا فى هذا الكتاب من قبل بعض الإنجازات العلمية للعلماء الإيرانيين فى داخل إيران أو بالمشاركة مع إيرانيين يعملون فى العالم الغربى. وتحتل إيران فى الوقت الحاضر المركز الأول فى التكنولوجيا النانوية فى الشرق الأوسط والمركز الثانى بين الدول الإسلامية بعد تركيا.

● نأتى لنا نحن العرب فعندما يقوم أى منا باستعراض شبكة المعلومات الدولية فى هذا الخصوص سيجد من يفتخر بأن هذه الدولة أو تلك هى أول من أطلق المبادرة الخاصة بالنانوتكنولوجى أو أول من أنشأ معملا للنانوتكنولوجى فى المنطقة العربية بل وفى منطقة الشرق الأوسط بأسرها، ونحن لا نقلل من شأن إطلاق المبادرات الوطنية للنانوتكنولوجى أو إنشاء المعامل المتخصصة فى بلادنا العربية ولكن هل هذا هو المطلوب مجرد إعلان أم أن هناك خططا وبرامج وتدريبات وتجهيزات ومناهج مطلوب إعدادها لكى تتواصل الجهود وتبدأ الإنجازات التى ستغير من معالم كثير من الدول فى المستقبل.

سؤال تبادر إلى ذهنى حاليا عن عدد الكتب التى تم تأليفها أو ترجمتها إلى اللغة العربية عن النانوتكنولوجى أو أى من مجالاتها المتعددة أو تطبيقاتها وعند الاحتكام إلى شبكة المعلومات الدولية عند الانتهاء من إعداد هذا الكتاب وجدت أنها لا تتجاوز الكتب الثلاثة، كتابان مؤلفان هما "النانوتكنولوجى - عالم صغير ومستقبل كبير" و "تكنولوجيا النانو - من أجل غد أفضل". أما الثالث فهو مترجم

وعنوانه أيضا "تكنولوجيا النانو" وكلها تستعرض التكنولوجيا النانوية وتطبيقاتها فى المجالات المختلفة بشكل عام، فى حين أن الكتاب الحالى والذى سيكون الأول فى مجال النانوبيولوجى يستعرض كما لا حظ القارئ هذا المجال المتخصص بشىء من التفصيل وأرجو أن يليه كتب أخرى فى مجالات العلم النانوية المختلفة. أما بقية الجهود فلا تتعدى كتيبًا أو مقالة أو ترجمة لمقالة أو عرضًا تقديميا بالشرائح (Power Point) أو عقد ندوة أو تقديم محاضرة عامة وكل هذا من الأمور الجيدة ولكنها مجهودات فردية وقليلة للغاية بالرغم من أنها تعكس بدء الاهتمام بالنانوتكنولوجى.

- لقد تم عقد أول مؤتمر للنانوتكنولوجى فى العاصمة الأردنية عمان فى نوفمبر ٢٠٠٨ بعنوان "المواد ذات التركيبات النانوية المتقدمة". وقد تميز المؤتمر بتركيزه على إقامة ورش العمل التى تعنى بكل ماهو جديد فى مجال علوم وتقنيات النانو. (جريدة الشرق الأوسط فى ٣١ اكتوبر ٢٠٠٨).
- كما عقد المؤتمر الدولى الثانى عن النانوتكنولوجيا البيولوجية فى أبو ظبى فى نوفمبر ٢٠٠٨ أيضا تحت رعاية سمو الشيخ محمد بن زايد آل نهيان وقام بافتتاحه سمو الشيخ نهيان بن مبارك آل نهيان وزير التعليم العالى والبحث العلمى فى دولة الإمارات العربية المتحدة، وكان الهدف من المؤتمر تقييم التكنولوجيا النانوية والميكرونية وتطبيقاتها وفرصها فى المنطقة. (Nanowerk News) (فى ١٧ نوفمبر ٢٠٠٨).
- وفى البحرين تم عقد المؤتمر العالمى للتقانة النانوية والمواد المتقدمة، بكلية العلوم جامعة البحرين فى الفترة من ٤ حتى ٧ من شهر مايو ٢٠٠٩ بالحرم الجامعى بالصخير. وكما قالت عميدة الكلية خلال حفل الافتتاح فإن الهدف من انعقاد هذا المؤتمر هو خلق علاقات شراكة علمية مع المؤسسات البحثية والأكاديمية المتقدمة فى علوم النانوتكنولوجى. (صحيفة الوسط البحرينية فى ٥ مايو ٢٠٠٩).
- فى تونس نظم المجلس الاستشارى الوطنى للبحث العلمى والتكنولوجيا الأيام الوطنية الثانية للعلوم والنانوتكنولوجيا وذلك بالتعاون مع عدد مهم من

الجمعيات العلمية والأقطاب التكنولوجية حيث التقى ١٥٠ باحثا تونسيا مختصا لتحديد الأولويات الوطنية وللحديث عن «علم النانو» وما وصلت إليه تونس فى هذا المجال. (الحرية فى ٢ أغسطس ٢٠٠٩).

- وفى مركز البحوث الزراعية فى مصر تم عقد ورشة عمل لإنتاج المواد النانوية العلاجية باستخدام المولد الحيوى فى الفترة من ٥ ـ ٧ يوليو ٢٠٠٩ (معهد بحوث البساتين) .

- لقد أعلن خادم الحرمين الشريفين الملك عبد الله بن عبد العزيز عن مبادرة النانو السعودية متمثلة فى تبرع جلالته من حسابه الشخصى بمبلغ ١٢ مليون ريال لدعم تقنيات النانو وكذلك فى إنشاء المركز الوطنى لبحوث تقنيات النانو بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ليؤكد ذلك على حرص المملكة على مواكبة المستجدات العالمية فى كافة العلوم والمعارف الحديثة وأهمية استثمار تقنيات النانو لخدمة وتلبية احتياجات ومتطلبات التنمية الحالية والمستقبلية فى المملكة فى مختلف المجالات. (جريدة الشرق الأوسط فى ٢٦ مايو ٢٠٠٧)

كما تم إنشاء موقع علمى للمركز السعودى لتقنية النانو (SCNT) وعنوانه الإلكترونى هو http : // www.sauducnt.org يهدف إلى التوطين المعرفى والتقنى للنانوتكنولوجى فى المملكة العربية السعودية خاصة وفى العالم العربى عامة، ورفع الكفاءة المعرفية فى مجال تقنية النانو للباحثين والمهتمين بهذه التقنية، وتقديم الاستشارات العلمية و البحثية فى مجال تقنية النانو، وتدريب الباحثين والطلاب السعوديين فى مجال تقنيات النانو على الأجهزة والتقنيات الحديثة بالتعاون مع مراكز تقنيات النانو فى إستراليا ودول العالم الأخرى، وتطوير المهارات البحثية للباحثين السعوديين فى مجالات تقنية النانو المختلفة، ونشر الثقافة العامة لتقنية النانو فى المجتمع السعودى. (المركز السعودى لتقنية النانو).

- فى مصر شهد يوم ١٨ سبتمبر ٢٠٠٨ مراسم توقيع رئيس الوزراء عددًا من الاتفاقيات الخاصة بمبادرات شركة آى بى إم (IBM) تضم اتفاقية إنشاء أول

مركز متخصص للنانوتكنولوجى فى مصر(Nanotechnology Center) اتفاقية خاصة بالتدريب والتنمية البشرية-Services Science, Manangement & En-gineering) ومبادرة إنشاء مركز جديد للتعهيد فى الخدمات التكنولوجية (IBM Egypt Global Delivery Center). (جريدة الأخبار فى ١٨ سبتمبر ٢٠٠٨)

كما تم الإعلان عن إنشاء مركز للنانوتكنولوجى بجامعة القاهرة بأرض الجامعة بالسادس من أكتوبر، ليصبح بذلك أول مركز بالجامعات المصرية. (بوابة التعليم المصرى).

- وقد قررت المملكة المغربية إحداث الجمعية المغربية للتجديد والبحث التى تسعى إلى تعزيز البحث الموجه نحو السوق فى قطاعات التكنولوجيات من قبيل الميكروإليكتريك، والبيوتكنولوجيا، والنانوتكنولوجيا والبيئة والاقتصاد الرقمى، لقد أعلن ذلك أحمد رضا الشامى وزير الصناعة والتجارة والتكنولوجيات الحديثة مضيفا أنه لأول مرة يتم تخصيص ميزانية للمشاريع التكنولوجية فى هذه القطاعات. هذا ويعتبر مجال البحث فى النانوتكنولوجيا من بين المجالات العشرة ذات الأولوية فى العلوم الدقيقة التى حددتها الاستراتيجية الوطنية للبحث العلمى، كمجال للبحث والإنتاج بالنسبة للباحثين المغاربة فى المعاهد والجامعات المغربية. (جريدة التجديد فى ٨ يوليو ٢٠٠٩).

البحوث الجارية:

- لقد قام الدكتور مصطفى السيد بالاتفاق مع علماء المركز القومى للبحوث فى مصر لاستكمال البحث الذى نشره عن استخدام حبيبات الذهب النانوية فى اكتشاف السرطان حيث يقوم علماء معمل النانوتكنولوجى بالمركز حاليا بدراسة سمية حبيبات الذهب النانوية وتأثيرها على أعضاء ووظائف الجسم مستخدمين فئران تجارب تم إحداث سرطان الجلد بها معمليا وتم استخدام حبيبات الذهب النانوية للكشف عن الخلايا السرطانية. (وكالة أنباء الشرق الأوسط).
- أعلن وزير البترول المصرى بعد لقاء مع الدكتور مصطفى السيد البدء فى دراسة استخدام تطبيقات النانوتكنولوجى فى أنشطة البحث عن البترول

وحفر الآبار واستخراج الاحتياطيات المتبقية بالحقول القديمة والتى يصعب استخراجها بالأساليب التقليدية وزيادة معدلات إنتاج الزيت الخام والغاز الطبيعى وفى أنشطة البحث عن الثروات المعدنية خاصة الذهب وتطبيقاته شبكة أخبار الحكومات العربية الإلكترونية).

● وفى إنجاز علمى مهم تم الإعلان عن استخدام النانوتكنولوجى لتطوير صناعة الورق فى مصرحيث تمكن فريق بحثى بالمركز القومى للبحوث من تحضير أنواع متطورة من الورق من ألياف نانومترية تم استخلاصها من المخلفات الزراعية مثل قش الأرز ومصاصة القصب، ويتميز هذا النوع من الورق المحضر بتكنولوجيا النانو بمواصفات عالية الجودة والمتانة تتفوق على الورق المحضر بالطرق التقليدية وأشار الدكتور هانى الناظر رئيس المركز القومى للبحوث إلى أنه باستخدام النانو تكنولوجى سوف تحدث طفرة فى صناعة الورق فى مصر حيث يمكن الاستغناء نسبيا عن استيراد لب الورق ذى الألياف الطويلة كما يمكن تصنيع ورق بمواصفات أعلى فى الجودة بطرق ميكانيكية حديثة ومتطورة وقد تم التوصل من خلال النتائج الأولية للأبحاث إلى أنواع متطورة من الورق من الألياف النانومترية لقش الأرز ومصاصة القصب لها قوة شد تعادل من أربعة الى خمسة أضعاف قوة الشد للورق المحضر صناعيا بالطرق التقليدية. شبكة الإعلام العربية)

● كما أعلنت الجامعة الأمريكية بالقاهرة أن علماءها يشاركون حالياً فى عدة أبحاث رائدة فى مجال علوم النانوتكنولوجى والتى من المتوقع أن تسهم فى تغيير طريقة معيشتنا فى المستقبل القريب. ومن أبرز هذه الأبحاث تطوير الاختبارات التشخيصية للكشف الدقيق عن فيروس الالتهاب الكبدى الوبائى من النوع C ، والكشف عن الدلالات الحيوية للأورام عن طريق استخدام وبناء مجموعة متنوعة من الجسيمات النانوية مثل حبيبات الذهب النانوية للتوصل إلى اختبارات تشخيصية فريدة للكشف عن الفيروس بطريقة دقيقة. كما يمكن استخدام هذه الحبيبات النانوية فى اختبارات مختلفة لتطوير التجارب للكشف عن دلالات الأورام الحيوية مثل ألفا فيتو بروتين (Petoprotein)

الخاص بسرطان الكبد. هذه الاختبارات تتميز بقلة تكلفتها وبتحقيقها نتائج ملموسة فى فترة زمنية أقصر مقارنة بنظيراتها التجارية. (موقع مصراوى فى ١٢ أغسطس ٢٠٠٩).

- فى الكويت يعكف الباحثون فى معهد الكويت للأبحاث العلمية على استخدام تكنولوجيا النانو كأداة استراتيجية مهمة فى مجالات تكرير زيت النفط الثقيل ومعالجة المياه الجوفية وتنقيتها من الملوثات والشوائب، وتحلية وتنقية مياه الشرب، وإنتاج المواد فائقة الصلابة المستخدمة كأدوات قطع فى عمليات حفر الآبار، للتنقيب عن البترول والمياه الجوفية، إضافة إلى إنتاج مواد طلاء تتركب من حبيبات نانونية تستخدم فى حماية أسطح المنتجات والأجهزة الفلزية من التآكل عن طريق الصدأ، وإنتاج المواد الداخلة فى تصنيع خلايا الوقود الهيدروجينى، وإنتاج مسطحات السليكون الإسفنجى المستخدم فى صناعة الخلايا الشمسية، فضلاً عن استصلاح الأراضى الزراعية وصناعة المخصبات، وصناعة الدهان والأصباغ والأسمنت، وتحسين خواص الخرسانة، وحماية أسياخ حديد التسليح من التآكل بالصدأ. (الجريدة فى ٢١ مارس ٢٠٠٩).

- فى الأردن سجل فريق بحثى أردنى براءة اختراع فى مجال التكنولوجيا النانوية وتطبيقاتها فى المنظومات البيولوجية. وبفضل الاختراع استطاع الفريق إنتاج جسيمات نانوية ممغنطة متعددة العناصر من الرماد المتطاير من مداخن مصانع الحديد والصلب استخدمت فى الكشف السريع عن البكتيريا الممرضة فى مصادر المياه والتخلص منها بواسطة مغناطيس بعد ارتباطها بالجسيمات النانوية الممغنطة متعددة العناصر وعبور بعض هذه الجسيمات فى داخلها. (وكالة الأنباء الأردنية فى ٢١ ديسمبر ٢٠٠٨).

كما سجل الباحث الأردنى الأستاذ المشارك فى قسم الهندسة الكيميائية بجامعة العلوم والتكنولوجيا، منذر قندح نجاحا فى إنتاج الأنابيب النانوية الكربونية متعددة الجدران خلال التجارب التى أجراها فى مختبرات جامعة مكجل الكندية. (مجلة علوم التقنية فى ١٥ أكتوبر ٢٠٠٧).

يتضح مما سبق أن هناك قدرا وإن كان بسيطا من بحوث النانوتكنولوجى سواء فى عددها أو نوعياتها قد بدأ فى بعض الدول العربية لكنه يحتاج إلى الاستمرار وإلى الدعم المادى الحكومى والخاص حتى لا تضيع منا نحن العرب تلك الفرصة النادرة لمواكبة التطورات العالمية فى هذه الثورة العلمية الجديدة خصوصا وأن الإنجازات العالمية فى هذا المجال لم تبلغ مرحلة يصعب علينا تداركها، ولكن الفرق بين الدول التى تهتم بتلك التقنية وبيننا أنهم يدركون أهمية الاستثمار فى هذا المجال حيث إنه هو الطريق لاستمرار تحكمهم فى الصناعة على مدى العقود القادمة كما يتحكمون فيها حتى الآن.

خاتمــة

بعد هذا الاستعراض للتكنولوجيا النانوية بموادها وأدواتها وفروعها وهذه التطبيقات المبهرة التى بدأ بعضها الدخول الفعلى لمجال التطبيق والتسويق، وهذه المضار والأخطار المحتملة فإنه من الحكمة اتخاذ خطوات ضرورية للحفاظ على المنافع وتجنب المضار والمخاطر ، وهذا بالطبع يمكن تحقيقه بالتقييم المستمر للأمان فى عمليات التكنولوجيا النانوية (Nanotechnology Safety Assessment) ومنتجاتها بهدف التحقق من أعلى درجات الأمان للإنسان والبيئة على حد سواء.

والحقيقة أن التطور المستمر للنانوتكنولوجى يوفر فرصة فريدة لاختبار الأخطار المحتملة للمواد النانوية والتحكم فيها فالذى لا نستطيع فعله حاليا سوف تتوفر له التقنيات الملائمة فى المستقبل. عمليات تقييم الأمان للمواد النانوية المتوفرة حاليا غير منظمة إلى حد بعيد وسوف تمر سنوات وربما عقود قبل التوصل للمخاطر الفعلية لتلك المواد النانوية وطرق تجنبها. وتجدر الإشارة هنا إلى أن التقدم فى الدراسات الخاصة بصحة الإنسان عند التعرض للمواد النانوية يتم بسرعة كبيرة بالمقارنة بالدراسات الخاصة بالمخاطر البيئية التى لم تخط سوى خطواتها الأولى.

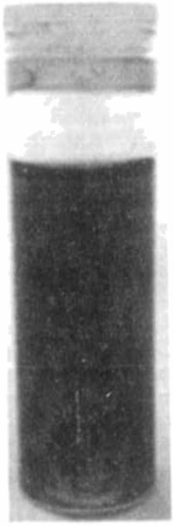
قبل إغراق البيئة بكميات كبيرة من المواد النانوية غير المعروف درجة خطورتها، فإننا بحاجة ماسة إلى معرفة درجة ذوبانها وتحللها الحيوى فى التربة والماء لتأسيس

الخطوط المعلوماتية الأساسية عن أمانها وسميتها وتكيف كائنات التربة والماء معها. إن التطور فى إنتاج الحبيبات النانوية يجب أن يتبعه تقييم الخطورة المحتملة منها على الحياة والبيئة على السواء والإجراءات العلاجية لهذه الخطورة.

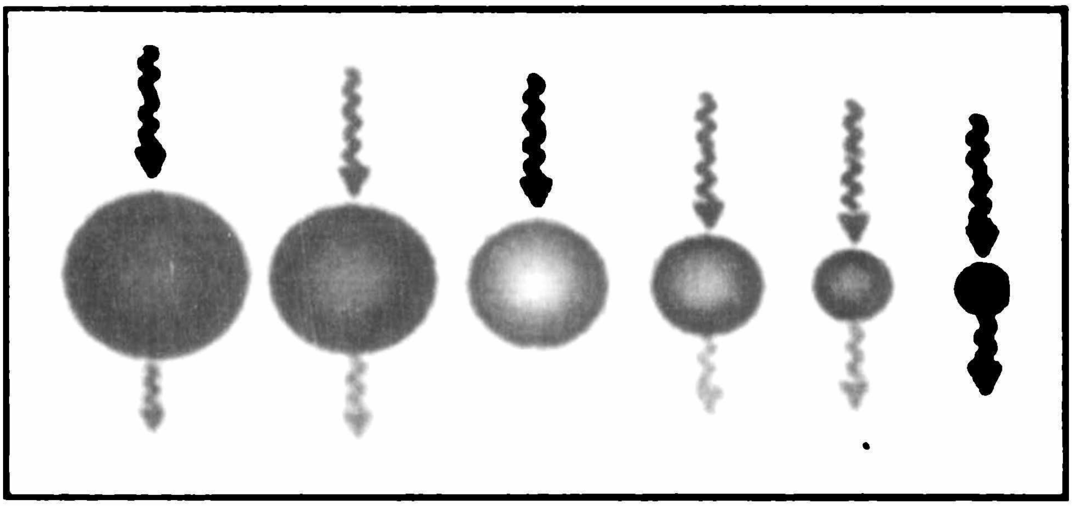
وفى الحقيقة فإنه فى الوقت الذى تبذل فيه مجهودات كبيرة للاستفادة من هذه التكنولوجيا الواعدة والمذهلة فإن المجهودات المبذولة لتقييم آثارها الضارة أقل بكثير من المطلوب. ومازالت قضية ارتباط سمية الحبيبات النانوية بحجمها الصغير أمرا غير مسلم به، فقد أوضحت الدراسات أن الحبيبات الدقيقة جدا بصرف النظر عن تركيبها الكيميائى هى السبب فى حدوث التهابات فى الرئتين. ولما كان هناك تنوع كبير فى المواد التى تصنع منها الحبيبات النانوية فإن اقتراح نموذج واحد لضمان أمان هذه الحبيبات يعد أمرا غير واقعى.

وباختصار فإن سمية الحبيبات النانوية لم تفهم الفهم الكامل حتى الآن ولا توجد تنظيمات موحدة لاختبار أثر الحبيبات النانوية على الصحة وعلى البيئة، وبالتالى تظل الحاجة ملحة لإجراء البحوث العلمية فى هذا المجال للتأكد من الملاحظات العابرة المسجلة حاليا والتى توضح أن المواد يزداد نشاطها وتصبح سامة عند تحولها من حالتها الطبيعية إلى الحالة النانوية.

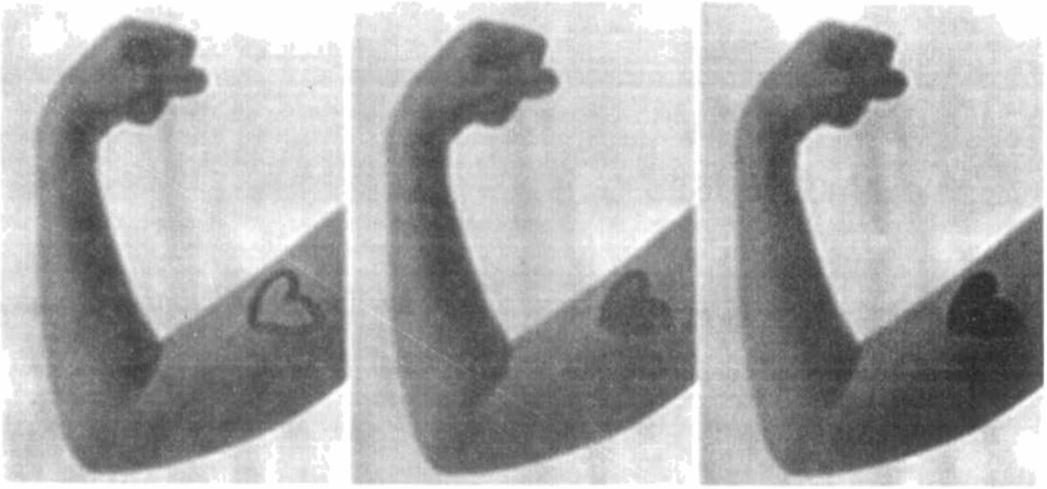
أخيرا يبرز تساؤل مفاده هل جميع الحبيبات النانوية سامة؟ بالطبع لا فقد وجد أن حبيبات السيليكا النانوية لا تسبب أى نوع من السمية لفئران التجارب عند حقنها بها، كما وجد من خلال الدراسات التى مولتها بعض شركات التأمين لتحديد أقساط التأمين للعاملين فى تصنيع الحبيبات النانوية أن المخاطر البيئية لخمس من المواد النانوية هى أنابيب الكربون النانوية وحيدة الجدار، والبكمنسترفللورين (C60)، وأحد أنواع الكوانتم دوت وحبيبات الألوموكسان النانوية (Alumoxane) وحبيبات ثانى أكسيد التيتانيوم النانوية كانت أقل من المنتظر، وبالرغم من ذلك فإن هذه الدراسة يجب ألا تؤدى إلى السماح بإنتاج تلك المواد النانوية دون تقييم آثارها تفصيليا على البيئة وعلى الكائنات الحية بها خصوصا الإنسان. وعلى العاملين فى مجال تصنيع المواد النانوية وكل من يتصل بهذا المجال من إداريين وأطباء وممرضات أن يكونوا على دراية تامة بالأخطار المحتملة لتلك المواد وطرق تحاشيها.



لوحة ١- معلق الذهب النانوى فى الماء
(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها
تحت بند GNU Free Documentation License)
(Original uploader: Alph Julitte Papa at en.wikipedia)



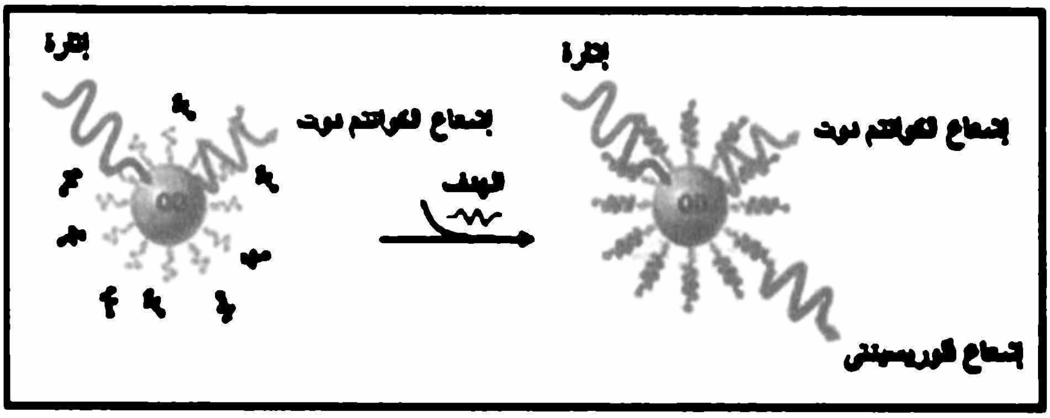
لوحة ٢- الضوء المنبعث من كوانتم دوت سيليناير الكادميوم ذى أحجام مختلفة
عند تعرضه للأشعة فوق البنفسجية
(الرسم منقول من موقع www.nanotechnology now) مرجع رقم ٤٢
بتصريح من الدكتور لويس بروس)



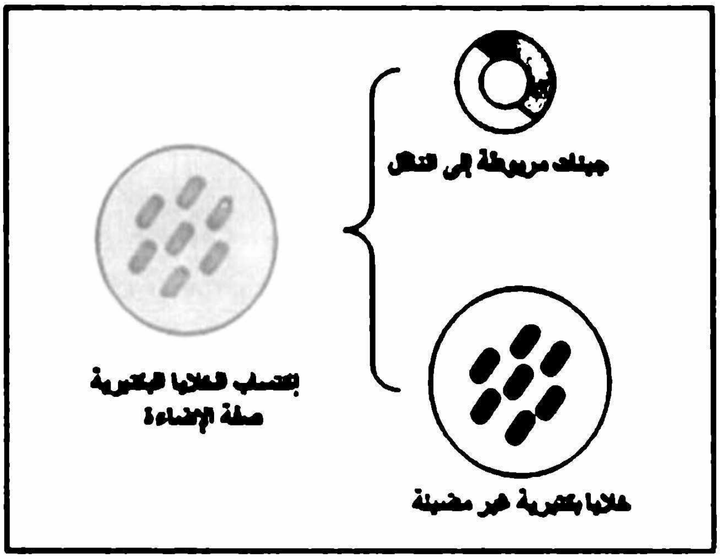
لوحة ٣ - تغير لون الوشم بتغير السكر فى الدم حيث يكون اللون برتقاليا (الوسط) عندما يكون مستوى السكر فى الدم طبيعيا، بينما يتحول إلى الأرجوانى (اليمين) عند انخفاض مستوى السكر فى الدم أو إلى الأصفر (اليسار) عند ارتفاع مستوى السكر فى الدم

(الصورة منقولة من موقع www.diabeteteshealth.com مرجع رقم ١٨ بتصريح من الناشر :King's (Publishing Inc.

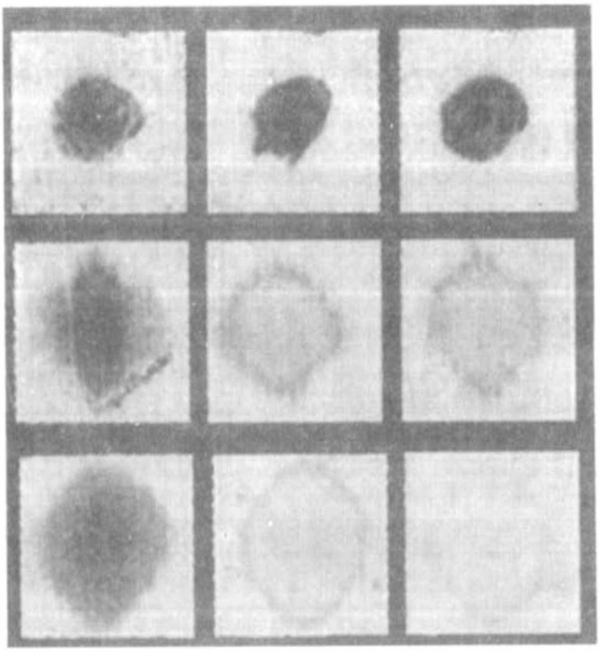
(Copyright © 2011 Diabetes Health magazines and www.diabeteteshealth.com)



لوحة ٤- مجس الدنا يمسك شرائط الدنا المستهدفة، ثم يلتصق بسطح الكوانتم دوت، وعند إثارة شعاع الليزر للكوانتم دوت فإن الطاقة تنتقل إلى المجس الذى يضىء من خلال عملية تسمى نقل طاقة الرنين الفلوريسينتى (الرسم مستخلص من بحث زهانج وآخرين مرجع رقم ٦٦ بتصريح من الدكتور جيف تزاهوى وانج أحد المشاركين فى البحث والمختص بالمراسلات)



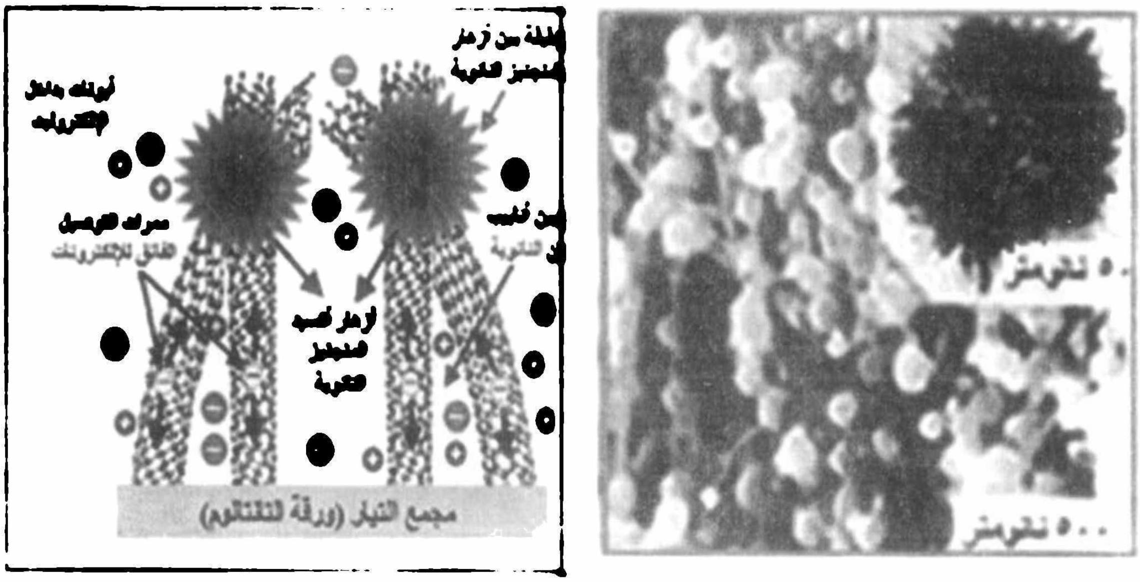
لوحة ٥- اكتساب الخلايا البكتيرية صفة الإضاءة نتيجة هندستها وراثيا بإدخال الجين المسئول عن الإستجابة الضوئية وهو إنزيم ليوسيفيريز لها



لوحة ٦- قطعة الصوف المعاملة بالحبيبات النانوية (الصف السفلى) ويظهر بها الاختفاء التدريجي للون النبيذ الأحمر بكفاءة كبيرة بالمقارنة بقطعة صوف غير معاملة (الصف العلوى) وبقطعة صوف معاملة بمزيل كيميائى للون (الصف الأوسط)

(الصورة منقولة من بحث داوود وآخرين مرجع رقم ١٧ بتصريح من الناشر: الجمعية الكيميائية الأمريكية)

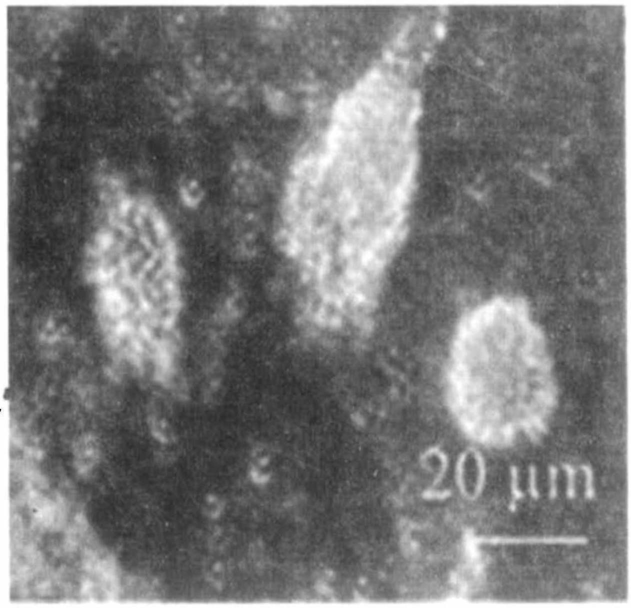
(© 2008 American Chemical Society)



لوحة ٧- الصورة (على اليمين) بالمجهر الإلكترونى الماسح لإحدى الأزهار النانوية ومرج منها مكبر عشر مرات، والرسم التخطيطى (على اليسار) لمرج من الأزهار النانوية مرتبة على أنابيب الكربون النانونية الناتجة من ورقة من معدن التانتالوم

(الصورة والرسم منقولان من بحث زهانج وآخرين مرجع رقم ٦٧ بتصريح من الناشر: الجمعية الكيميائية الأمريكية)

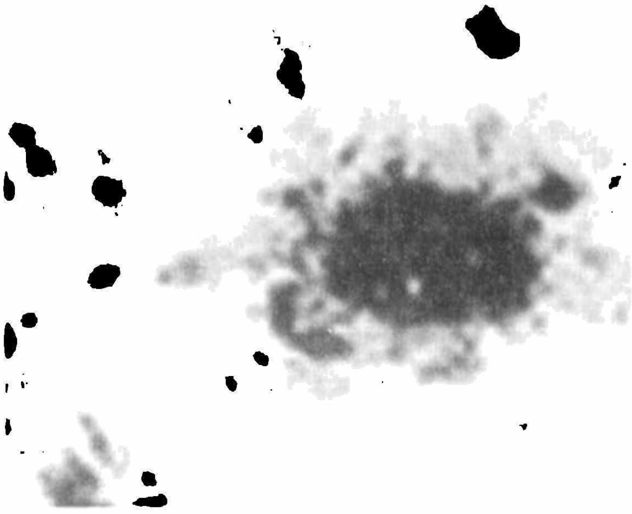
(© 2008 American Chemical Society)



لوحة ٨- توهج الخلايا السرطانية نتيجة التصاقها بحبيبات الذهب النانوية

(الصورة منقولة من بحث السيد وآخرين مرجع رقم ١٩ بتصريح من الناشر: الجمعية الكيميائية الأمريكية)

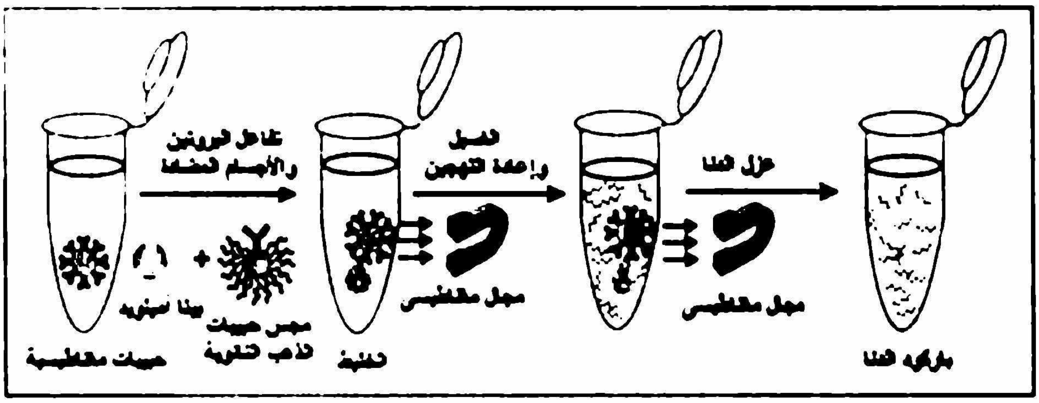
(© 2008 American Chemical Society)



لوحة ٩ - ترسبات البيتا أميلويد فى أنسجة مخ مصاب بالزهايمر (اللون البنى)

(الصورة مستخلصة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها تحت بند GNU Free Documentation License)

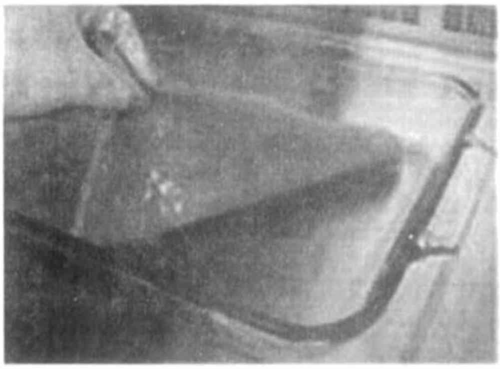
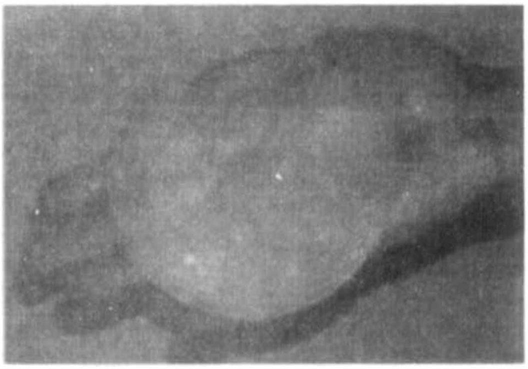
(مصدر الصورة : Nephron)



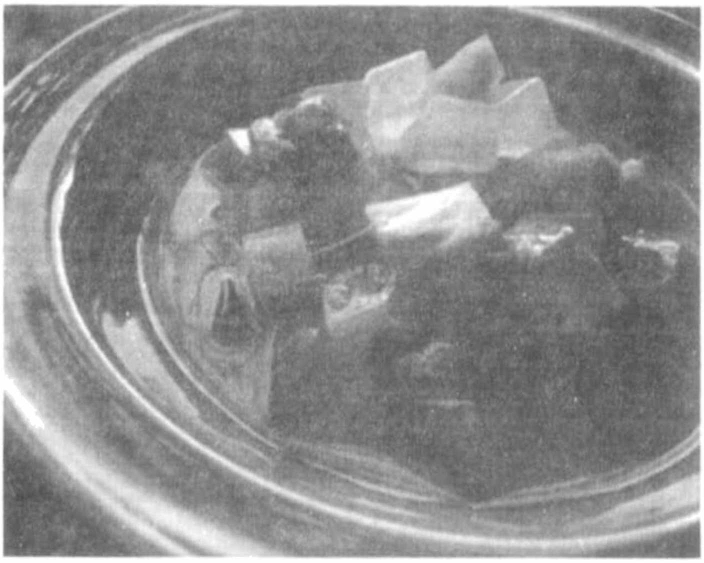
لوحة ١٠ - خطوات تكبير الباركود للكشف عن البروتينات التى تستعمل كدلائل بيولوجية للإصابة بالزهايمر فى مراحله المبكرة

(الرسم منقول من بحث جورجانوبولوس وآخرين مرجع رقم ٢٨ بتصريح من الناشر: الأكاديمية الوطنية للعلوم بالولايات المتحدة الأمريكية)

(© 2005 by The National Academy of Sciences of the USA)

لوحة ١١ -التركيب الغشائى الشبكى للسليلوز البكتيرى المنتج فى المزارع الساكنة كما يبدو بالعين المجردة (الصورة اليمنى منقولة من بحث سورما سلوسارسكا وآخرين مرجع رقم ٥٧ بتصريح من الدكتورة باربارا سورما سلوسارسكا - الصورة اليسرى منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها تحت بند Public domain)



لوحة ١٢ - أحد أنواع الناتا دى كوكو
(الصورة منقولة من الموسوعة الحرة "ويكيبيديا" ومصرح باستخدامها
تحت بند GNU Free Documentation License)
(Author: Midori)

ملاحق مهمة

محطات مهمة فى تاريخ النانوتكنولوجى

● عام ١٩٥٩ :

فى ٢٩ يناير من هذا العام ريتشارد فيينمان يلقى محاضرة فى اللقاء السنوى للجمعية الفيزيائية الأمريكية فى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (Caltech) بعنوان "هناك الكثير من الغرف فى القاع" بادئا التاريخ الحديث للنانوتكنولوجى.

● ١٩٨١ :

* نشر أول بحث عن هندسة الجزيئات لإيريك دركسلر فى جزء الكيمياء من إصدار الأكاديمية الأمريكية للعلوم العدد ٧٨ المجلد التاسع فى الصفحات ٥٢٧٥ ـ ٥٢٧٨.

* اختراع مجهر الأنفاق الماسح بواسطة جيرد بيننج وهاينريش رورير وقد نالا عنه جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٨٦ .

● ١٩٨٥ :

* اختراع مجهر القوة الذرية ١٩٨٥ بواسطة جيرد بيننج وكريستوف جيربر وكافن كوات.

* اكتشاف كرات بوكى (Buckyballs) بواسطة ريتشارد سموللى وروبرت كيرل وهارولد كروتو.

● ١٩٨٦ :

صدور أول كتاب عن النانوتكنولوجى لإيريك دركسلر بعنوان قطرات الخلق (Engines of Creation)

● ١٩٨٨ :

اكتشاف الكوانتم دوت بواسطة فريق بحثى أمريكى بقيادة لويس بروس.

● ١٩٩٠ :

* علماء شركة آى بى إم يكتشفون طريقة لتحريك الذرات المفردة على سطح معدنى باستخدام مجهر الأنفاق الماسح حيث أمكنهم كتابة اسم الشركة باللغة الإنجليزية(IBM) من خلال تجميع الذرات ذرة بذرة وهو مايعرف حاليا باسم الكتابة بالذرات (Writing with Atoms).

* صدور العدد الأول من أول مجلة متخصصة فى النانوتكنولوجى بنفس الاسم (Nanotechnology) من معهد الفيزياء بإنجلترا.

● ١٩٩١ :

* الحصول على أول فللورينات صناعية بواسطة فريق من العلماء الأمريكيين بقيادة هارولد كروتو عن طريق تبخير الجرافيت بالليزر.

* اكتشاف الأنابيب النانوية بواسطة العالم اليابانى سوميو ليجيميا.

● ١٩٩٢ :

صدور الكتاب الثانى فى النانوتكنولوجى لإريك دركسلر بعنوان الأنظمة النانوية (Nanosystems).

● ١٩٩٦ :

أول مؤتمر علمى عن النانوتكنولوجى.

● ١٩٩٩ :

* صدور أول كتاب عن الطب النانوى والمؤلف هو روبرت فريتاس.

* بدء طرح المنتجات النانوية فى الأسواق التى تشتمل على مراهم الوقاية من الشمس وعلى أدوات التجميل ذات الصفات المتميزة وكذلك ضمادات الجروح النانوية وحتى الملابس المصنعة من المنسوجات النانوية.

● ٢٠٠٠ :

الرئيس بيل كلينتون يعلن المبادرة الأمريكية للنانوتكنولوجى للإسراع فى البحوث الخاصة بالنانوتكنولوجى.

● ٢٠٠٢ :

الاتحاد الأوروبى يقوم بتمويل مشروع منتدى النانو (Nanoforum) لرفع درجة الوعى بالنانوتكنولوجى والتكيف مع هذه التقنية الجديدة , وأيضا لتسهيل البحوث الخاصة بتطوير الصناعات فى هذا المجال.

شرح المصطلحات العلمية المهمة

اجهزة نانوية (Nanodevices)

مواد أو تركيبات نانوية تقوم بدور مهم فى اكتشاف أو علاج الأمراض ومن أمثلتها الدندريمرات والكوانتم دوت والروافع والأصداف النانوية.

ازهار نانوية (Nanoflowers):

تركيبات متكونة من عناصر معينة تأخذ شكل الأزهار النانوية القياس عند فحصها بالمجهر الإلكترونى لها تطبيقات حياتية عديدة.

اصداف نانوية (Nanoshells):

حبيبات نانوية كروية الشكل تغطى بصدفة معدنية غالبا ما تكون من الذهب.

اكسجين فعال (Reactive Oxygen Species):

أيونات أو جزيئات صغيرة جدا تضم أيونات الأكسجين والشوارد والبيروكسيدات وتكون نشطة جدا لوجود إلكترونات مفردة بها.

إلكترونيات نانوية (Nanoelectronics):

استخدام النانوتكنولوجى فى المكونات الإلكترونية خصوصا الترانزستورات.

الياف نانوية (Nanofibers):

ألياف يبلغ طولها عدة ميكرونات ويتراوح عرضها بين ١٠ و ٢٠٠ نانومتر.

أنابيب الكربون النانوية (Carbon Nanotubes):

الأشكال الأسطوانية من الفللورينات.

بكمنسترفللورين : (Buckminsterfullurene)

تركيب كروى الشكل يتكون من ٦٠ ذرة من الكربون تسمى أيضا كرة بوكى ، (BuckyBall) ، سميت بهذا الاسم تخليدا لذكرى المهندس المعمارى الأمريكى بكمنستر فوللر.

بيكوتكنولوجى : (Picotechnology)

هو مصطلح مواز لمصطلح النانوتكنولوجى لكن عند مستوى البيكومتر.

بيكومتر (Picometer) :

وحدة قياس طولى تقدر بـ ١٠ $^{-١٢}$ من المتر.

تأثير اللوتس (Lotus Effect) :

عدم ابتلال أوراق نبات اللوتس بقطيرات الماء الساقطة عليها مهما كانت كمية المياه بل إن تلك القطيرات الكروية الشكل تنزلق أو تتدحرج عليها آخذة معها الأتربة والملوثات الأخرى مما يجعل تلك الأوراق نظيفة دائما ولذا قدسها قدماء المصريين.

تحلل تأكسدى لليبيدات (Lipid Peroxidation) :

يحدث نتيجة استيلاء الشوارد على الإلكترونات من ليبيدات الأغشية البلازمية مما يدمر الخلايا نتيجة لحدوث خلل فى الوظائف الحيوية لتلك الأغشية البلازمية كالنفاذية الاختيارية ونقل الإلكترونات وغيرها.

تلف تأكسدى (Oxidative Damage):

ينتج عن وجود الشوارد بالجسم مع تقدم العمر ونقص كفاءة عملية تنظيف الشوارد من الجسم طبيعيا من خلال مضادات الأكسدة مثل فيتامين C وفيتامين E والأغذية الغنية بهما.

تنظيف ذاتى (Self Cleaning) :

خاصية تتميز بها أوراق نبات اللوتس تم محاكاتها فى العديد من النواحى التطبيقية مثل الأقمشة والزجاج وغيرها.

توليفة نانوية : (Nanocomposite) :

مكونين أو أكثر من المكونات النانوية ذات خواص فيزيائية متميزة تتكامل لتكوين مادة ذات خصائص مفيدة ومناسبة لاستخدامات محددة وتتركب من حشوة وقالب وأحيانا مادة بينية.

توليفة مدعمة للألياف (Fiber Reinforced Composite):

فى هذه التوليفة يشكل أحد البوليمرات القالب الذى يحيط بالألياف أو الأجزاء ويربطها ببعضها، بينما يكون دور الحشوة التدعيم الميكانيكى للتوليفة مع إضفاء بعض الصفات الفيزيائية على المنتج النهائى فى بعض الأحيان.

جين مخبر (Reporter Gene):

يستخدم فى البكتيريا التى تعمل كحساس بيولوجى للكشف عن التلوث الكيميائى فى البيئة، حيث يتحكم هذا الجين فى إنتاج استجابة ما تتناسب شدتها مع تركيز المادة الملوثة.

حبيبات نانوية (Nanoparticles):

حبيبات ميكروسكوبية غير عضوية فى أبسط الحالات يكون أحد أبعادها أقل من ١٠٠ نانومتر.

حاسبات نانوية (Nanocomputers):

هى الحاسبات التى يقل حجمها عن الحاسبات الميكرونية، أو هى الحاسبات التى يدخل فى تركيبها مكونات ميكانيكية أو إلكترونية رئيسية لا يتعدى حجمها عدة نانومترات.

حساس بيولوجى (Biosensor) :

أداة مراقبة إلكترونية تستخدم مواد بيولوجية كخلية بكتيرية كاملة أو إنزيمًا أو جسمًا مضادًا للكشف عن وجود مواد بيولوجية أو كيميائية فى الجسم أو فى البيئة، أو قياس تغيرات فسيولوجية معينة فى جسم الكائن الحى.

حساس نانوى (Nanosensor):

عندما يكون الحساس البيولوجى نانوى القياس يسمى حساسًا نانويًا.

حلقات غاديرى (Ghadiri Rings):

تركيبات حلقية تتكون من ستة أو ثمانية من الأحماض الأمينية تتجمع ذاتيا مكونة أنابيب نانوية مجوفة تسمى النانوبيوتكس.

خلايا صناعية (Artificial Cells):

تركيبات شبيهة بالخلية تعمل كمصانع نانوية لإنتاج الكميات المناسبة من الدواء باستخدام المواد الخام المعدة سلفا بداخل الجسم.

خلية شمسية (Solar Cell):

جهاز لتحويل الضوء إلى كهرباء بطريقة مباشرة وتسمى أيضا خلية فولتضوئية (Photovoltaic Cell) .

خلية نانوية (Nanocell) :

وسيلة لتوصيل العلاج الكيميائى إلى الخلايا السرطانية فقط دون التعرض للخلايا السليمة تتكون من غشاء من الفوسفوليبيدات ويبلغ قطر كل خلية منها حوالى ٢٠٠ نانومتر ويمكن تخيلها كبالون بداخل بالون لحماية العقاقير المستخدمة فى العلاج حتى الدخول فى نسيج الورم. يتم تطوير هذه الخلايا النانوية حاليا فى معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا فى بوسطن بواسطة فريق من العلماء بقيادة رام ساسيسيخاران أستاذ الهندسة البيولوجية بالمعهد.

دبور إلكترونى (Bionic Hornet) :

روبوت نانوى طائر يتم تطويره حاليا فى إسرائيل كأحد تطبيقات النانوتكنولوجى فى المجال العسكرى يمكنه التجسس على المطلوبين وتصويرهم وتصفيتهم.

دنا (DNA) :

الحمض النووى الريبوزى منقوص الأكسجين الذى يكون المادة الوراثية فى الكائنات الحية.

دندريمرات (Dendrimer) :

حبيبات نانوية عضوية يمكن تصميمها وتصنيعها بدقة تامة تتكون من وحدات متفرعة.

دواء ذكى (Smart Drug) :

هو الدواء الذى ينشط فقط تحت ظروف معينة.

رافعة نانوية (Nanoscale Cantilever) :

تركيب نانوى يستخدم للكشف عن الخلايا السرطانية يشبه الألواح الخاصة برياضة الغطس تتميز بحساسيتها و امتلاكها لتردد ثابت يعتمد على كتلتها وعند حدوث أى إضافة للكتلة يتغير معدل هذا التردد الذى يمكن للباحثين قراءته وتفسيره.

رنا (RNA) :

هو الحمض النووى الريبوزى الذى يختلف عن الدنا فى كونه يتكون من شريط مفرد ويوجد منه ثلاثة أنواع هى الريبوزى والرسول والناقل دورها فى غالبية الكائنات الحية هو تخليق البروتين، إلا أن الرنا يكون هو المادة الوراثية فى معظم الفيروسات.

روبوت نانوى (Nanorobot) :

آلة دقيقة تتوافق أبعادها مع المقاييس النانوية يمكنها إنجاز مهمة محددة أو عدد من المهام المتتالية.

سلسلة تفاعلات الشوارد (Free Radical Chain Reaction) :

تحتوى الشوارد على عدد مفرد من الإلكترونات فى مدارها الخارجى وهى حالة من عدم الاستقرار مما يجعلها فى حاجة إلى العودة إلى حالة الاستقرار ثانية ويكون ذلك بحصولها على إلكترونات تلتقطها عشوائيا من ذرات أو جزيئات فتدخل إلى حالة عدم الاستقرار وتحتاج الحصول على إلكترونات من ذرات أو جزيئات أخرى لتبدأ سلسلة من عدم الاستقرار تؤدى فى النهاية إلى تلف بعض المركبات أو العضيات الخلوية.

سمية نانوية (Nanotoxicity) :

هى السمية الناتجة من استخدام المواد النانوية.

شوارد (Free Radicals):

مركبات سامة تنتج فى أجسامنا أثناء عمليات الأكسدة لإنتاج الطاقة لها تأثيرات مدمرة للخلايا إلا أنه يتم تنظيفها طبيعيا من خلال مضادات الأكسدة.

صيدلة نانوية (Nanopharmaceutiucal) :

علم الصيدلة الذى يستخدم أدوات ومواد وتقنيات النانوتكنولوجى فى تصنيع الدواء.

طب نانوى (Nanomedicine) :

أحد الفروع المهمة للنانوبيولوجى يضم تطبيقات النانوتكنولوجى فى مجال الطب. هذا الفرع مازال فى بداياته لكن ينتظر أن يغير الطب المعروف حاليا بشكل كامل خلال القرن الحادى والعشرين.

عظم صناعى (Synthetic Bone) :

تركيبات مصنعة من البللورات النانوية للهيدروكسى أباتيت تتميز بمقدرة الجسم على تحليلها وامتصاصها بعد انتهاء مهمتها وفى نفس الوقت تتميز بقوة الصلب الذى لا يصدأ (ستنليس ستيل).

غذاء نانوى (Nanofood) :

يسمى الغذاء نانويا عندما تدخل الحبيبات النانوية أو تقنيات وأدوات النانوتكنولوجى فى الزراعة أو الإنتاج أو التصنيع أو التغليف.

فارماسيت (Pharmacyte) :

نظام لتوصيل الدواء الموجه المتحكم فى انتقاله وتوقيته ووجهته حتى يتم إنجاز المهمة المطلوبة منه حتى لو كانت توصيل الدواء لخلية معينة دون الخلية المجاورة لها فى نفس النسيج.

فللورينات (Fullerenes) :

جزيئات من الكربون النقى تتكون من ٦٠ ذرة من الكربون على الأقل تنتج عند تبخيرالجرافيت بتعريضه لليزر وتأخذ أشكالا متعددة منها الكروى والأسطوانى الذى يعرف بالأنابيب الكربونية النانوية.

فيزياء نانوية (Nanophysics) :

فرع من فروع النانوتكنولوجى يختص باستعمال تقنيات تجريبية إبداعية لفَحص الصفات الطبيعية للأجسام ذات القياسات النانوية.

فيفاجل (VivaGel):

واق على هيئة جل للاستخدام الموضعى لديه المقدرة على منع انتقال مرض الإيدز والأمراض الأخرى التى تنتشر أثناء الاتصال الجنسى مثل الهربس والكلاميديا العامل الفعال به هو الدندريمرات.

فيمتوتكنولوجى (Femtotechnology) :

مصطلح مستعمل من قبل بعض المستقبليين للإشارة إلى تركيب المواد على مقياس الفيمتومتر وهو مناظر لكل من النانو والبيكوتكنولوجى.

فيمتومتر (Femtometer) :

وحدة قياس طولى تقدر بـ ١٠ -١٥ من المتر.

كتابة بالذرات (Writing with Atoms)

تقنية اكتشفها علماء شركة آى بى إم عام ١٩٩٠ أمكنهم من خلالها تحريك ذرات الزينون ذرة ذرة تحت مجهر الأنفاق الماسح لكتابة اسم الشركة (IBM) .

كرة بوكى (BuckyBall):

الاسم الشائع لبكمنسترفللورين.

كريات تنفسية (Respirocytes):

روبوتات نانوية تتكون من ١٨ بليون ذرة من الكربون يمكنها الإمساك بـ ٢٣٥ ضعف مايمكن إمساكه بواسطة كرات الدم الحمراء من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون.

كوانتم دوت (Quantum Dot):

بللورات نانوية تومض عند إثارتها بمصدر ضوئى خارجى كالأشعة فوق البنفسجية تصنع من عدد كبير من المواد .

كيمياء نانوية (Nanochemistry):

فرع من فروع النانوتكنولوجى يختص بدراسة الخواص الفريدة المرتبطة بتجمع الذرات أو الجزيئات عند القياس النانوى.

محاكاه حيوية (Biomimetics):

محاولة تقليد الأنظمة البيولوجية الطبيعية واستخدامها فى نظم وتطبيقات تجارية يعتمد تصميمها على بعض الظواهر البيولوجية المعروفة فى الكائنات الحية.

مختبر محمول : (Lab-On-a-Chip) :

نظام نانوى يمكنه إجراء العديد من التحاليل باستخدام شريحة مفردة لا يزيد حجمها عن عدة ملليمترات إلى سنتيمترات مربعة يمكن تشبيهها بشريحة الهاتف المحمول.

مشروب ذكى (Smart Drink) :

مشروب عام غير محدد الهوية يقوم المستهلك بتحديد طعمه ومذاقه وتركيزه وقوامه حسب الرغبة من خلال معاملات فيزيائية بسيطة.

ماكينات مناعة (Immune Machine) :

روبوتات نانوية تم تصميمها للعمل بداخل جسم الإنسان تتعرف على الكائنات الدخيلة مثل البكتيريا والفيروسات وتتعامل معها بطريقة ميكانيكية عن طريق ثقب جدرها الخلوية وأغشيتها البلازمية.

من القمة إلى القاع (Top-down):

تحويل المادة من المستوى الميكرونى إلى المستوى النانوى أى تفتيت أو تجزىء المادة إلى مستويات أقل مما هى عليه فى الطبيعة.

من القاع إلى القمة (Bottom-up):

التجميع الذاتى للذرات أو الجزيئات من المستوى البيكوى للوصول إلى المستوى النانوى، وبمعنى آخر فهو بناء المركبات العضوية وغير العضوية ذرة بذرة أو جزىء بجزىء.

منسوجات نانوية

منسوجات ذات صفات جديدة ومتميزة تنتج عند استخدام الألياف النانوية أو إضافتها لمكونات المنسوجات التقليدية سواء كانت طبيعية أو صناعية تتميز بالعديد من المزايا مثل التنظيف الذاتى ومقاومة الكرمشة وتغير لونها بتغير ظروف الإضاءة وغيرها الكثير لذا يطلق عليها البعض لفظ المنسوجات الذكية.

مواد نانوية (Nanomaterials)

هى المواد التى تستخدم فى دراسة وتطبيقات النانوتكنولوجى.

ميكرومتر او الميكرون (Micrometen Or Micron)

(Nata De Coco) وحدة قياس طولى تقدر بـ ١٠- ٦ من المتر.

ناتا دى كوكو (Nata De Coco) :

منتج غذائى نصف شفاف يشبه الجيلى له صفات اللبان تنتجه البكتيرة أسيتوباكتر زيلينام عند نموها على ماء جوز الهند معروف فى الفلبين واليابان ويستخدم فى أنظمة التخسيس الغذائية.

نانوبات (Nanobes):

خيوط دقيقة لها تركيب يشبه الأكتينوميسيتات والفطريات تم اكتشافها فى الحجر الرملى غرب أستراليا على عمق ثلاثة كيلومترات أسفل سطح البحر، وقد ادعى الفريق البحثى الذى اكتشفها بأنها أصغر الكائنات الحية المعروفة على الإطلاق.

نانوبكتيريا (Nanobacteria):

حبيبات كروية وبيضاوية نانوية القياس تم اكتشافها حديثا وأحدثت جدلا كبيرا بين المتخصصين فى مجالى الميكروبيولوجيا والجيولوجيا تراوح بين اعتبارها شكلاً جديدًا من الأحياء إلى كونها مجرد تركيبات بللورية.

نانوبيوتكس (Nanobiotics):

نوع من أنابيب الأحماض الأمينية النانوية تقوم بدور المضادات الحيوية فى القضاء على البكتيريا القاتلة المقاومة للمضادات الحيوية المعروفة.

نانوبيولوجى (Nanobiology):

فرع من فروع النانوتكنولوجى يمثل نقطة التقاء النانوتكنولوجى مع العلوم البيولوجية.

نانوتكنولوجى (Nanotechnology):

هى فهم سلوك المواد نانوية القياس والتحكم فيها واستغلالها فى تطبيقات جديدة.

نانوسليولوز (Nanocellulose):

ألياف سليولوزية نانوية القياس يمكن الحصول عليها ببعض المعاملات الكيميائية والميكانيكية للسليولوز النباتى، كما ينتج بواسطة بعض أنواع البكتيريا حيث يسمى سليلوز بكتيرى.

نانوسوم (Nanosome):

ليبوسومة وحيدة الصفيحة تمثل أكثر أنظمة توصيل الدواء دراسة وتطورا. والليبوسومة عبارة عن حوصلة كروية تتركب من طبقة مزدوجة من الفوسفوليبيدات والكوليستيرول وتشبه إلى حد كبير تركيب الأغشية البلازمية.

نانومتر (Nanometer):

وحدة قياس طولى تقدر بـ $١٠^{-٩}$ من المتر.

نيزك مريخى (Meteorite):

نيزك فى حجم كرة صغيرة يزن ١,٩ كجم يتكون من صخور نارية تم العثور عليه عام فى القارة المتجمدة الجنوبية بواسطة بعثة من برنامج نيازك أنتراكيتيكا فى المؤسسة الوطنية الأمريكية للعلوم وتم حفظه للدراسة فى معمل حفظ النيازك بمركز جونسون للفضاء.

ورق إلكترونى (Electronic Papers):

شاشات عرض إلكترونية من السليولوز البكتيرى على هيئة صفحة رقيقة لا تومض مثل شاشة الكمبيوتر بل تكون أقرب إلى الحروف المطبوعة أو الصورة على صفحة الكتاب.

وشم نانوى (Nanoink Totto):

نوع من الحبر النانوى يستخدم فى عمل وشم على الجلد يمكن من خلاله مراقبة معدل السكر فى الدم حيث يتغير لون الحبر بتغير تركيز السكر.

وعاء دموى صناعى (Artificial Blood Vessel):

تركيب أنبوبى قد يتكون من السليولوز البكتيرى يستعمل كبديل للأوعية الدموية الطبيعية.

أشهر علماء النانوتكنولوجى (*)

مصطفى عمرو السيد (Mostafa A. **El-Sayed**): عالم كيمياء مصرى/ أمريكى ولد فى ٨ مايو عام ١٩٣٣ فى زفتى بمحافظة الغربية. تخرج فى كلية العلوم جامعة عين شمس عام ١٩٥٣ وحصل على الدكتوراه من جامعة فلوريدا عام ١٩٥٩ . مدير معمل ديناميكية الليزر والكيمياء بمعهد جورجيا للتكنولوجيا بالولايات المتحدة الأمريكية. انتخب عضوا بالأكاديمية القومية للعلوم بالولايات المتحدة عام ١٩٨٠ وتولى على مدى ٢٤ عاما رئاسة تحرير مجلة علوم الكيمياء الطبيعية وهى من أهم المجلات العلمية فى العالم. قاد فريقًا بحثيًا يضم ابنه الطبيب أندرو للتوصل إلى طريقة سهلة للكشف عن الخلايا السرطانية باستخدام حبيبات الذهب النانوية المرتبطة بجسم مضاد خاص بالخلايا السرطانية وحصل على قلادة العلوم (Medal of Science) عام ٢٠٠٧ وهى أعلى وسام علمى تمنحه الولايات المتحدة للعلماء عن هذا الاكتشاف المهم، كما منح وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى من جمهورية مصر العربية.

(*) اسماء العلماء مرتبة ابجديا بناء على الاسم الأخير وليس الاسم الأول.

سوميو إيجيما (Sumio Iijima):

فيزيائي يابانى يشار إليه على أنه مكتشف الأنابيب النانوية عام ١٩٩١ .

ويلهيلم بارثلوت (Wilhelm Parthlott)

عالم نبات ألمانى سجل براءة اختراع عام ١٩٩٧ عن ظاهرة التنظيف الذاتى التى استلهمها من تأثير اللوتس.

لويس بروس (Louis Brus):

أمريكى أستاذ الكيمياء فى جامعة كولومبيا الأمريكية تمكن مع فريقه البحثى من اكتشاف الكوانتم دوت.

جيرد بيننج (Gerd Binnig)

فيزيائى ألمانى اخترع مجهر الأنفاق الماسح عام ١٩٨١ ونال عنه جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٨٦ مع زميله هينريش رورير، كما قام باختراع مجهر القوة الذرية عام ١٩٨٥ بالاشتراك مع كريستوف جيربر من شركة آى بى إم فى زيوريخ وكالفن كوات من جامعة ستانفورد الأمريكية.

يانج تشينج (Yang Cheng)

أمريكى قاد فريقًا بحثيًا من جامعة ميتشجان لدراسة دقيقة لأوراق نبات اللوتس وإعداد نماذج نظرية لها فى محاولة لفهم ظاهرة التنظيف الذاتى.

نوريو تانيجوشى (Norio Taniguhi):

يابانى كان أستاذا بجامعة طوكيو للعلوم هو أول من استخدم مصطلح النانوتكنولوجى عام ١٩٧٤ .

إيريك دريكسلر (Eric Dreksler)

أمريكى أول من حصل على درجة الدكتوراه فى التكنولوجيا النانوية، قام بصياغة أكثر عمقا للتكنولوجيا النانوية فى كتابه المعروف باسم "قاطرات الخلق".

ميهائيل روكو (Mihail **Roco**)

أحد علماء المبادرة الوطنية الأمريكية للتكنولوجيا النانوية قام عام ٢٠٠٤ بوصف المراحل أو الأجيال المختلفة التى يعتقد أن التكنولوجيا النانوية ستمر بها.

هاينريش رورير (Heinrich **Rohrer**).

فيزيائى سويسرى اخترع مجهر الأنفاق الماسح عام ١٩٨١ ونال عنه جائزة نوبل فى الفيزياء عام ١٩٨٦ مع زميله جيرد بيننج.

جون سيزار (John **Cisar**) :

عالم أمريكى فى المعهد القومى للصحة قام مع آخرين بإعادة إجراء الدراسة العملية عن النانوبكتيريا كما أجراها كاجاندر وسيفتسيوغلو وفند ادعاءاتهما بخصوص اكتشافهما لتلك الكائنات النانوية.

نيفا سيفتسيوغلو (Neva **Ciftcioglu**):

تركية المولد حصلت على الدكتوراه فى الميكروبيولوجى من جامعة أنقرة عام ١٩٩١ . تعمل فى جامعة كوبيو الفنلندية، رشحت لجائزة نوبل فى العلوم البيولوجية مع زميلها أولافى كاجاندر عن دراساتهم التى أثارت جدلا واسعا عن النانوبكتيريا.

ريتشارد فاينمان (Richard **Feynman**):

عالم فيزياء أمريكى صاحب نقطة البداية لصياغة هذا العلم الجديد فى الحديث الذى أدلى به عام ١٩٥٩ فى الجمعية الفيزيائية الأمريكية بعنوان " هناك الكثير من الغرف فى القاع".

روبرت فريتاس (Robert **Freitas**):

أقدم الباحثين فى معهد التصنيع الجزيئى (Institute for Molecular Manufacturing) مؤلف أول كتاب عن الطب النانوى أو التطبيقات الطبية

للنانوتكنولوجى الذى يقع فى ثلاثة أجزاء، نشر أول دراسة للتصميم الفنى للروبوت النانوى الطبى.

بكمنستر فوللر (Buckminster **Fuller**):

أمريكى كان مهتما بحل التساؤل الذى حير الكثيرين وهو هل الإنسانية لديها فرصة للبقاء بثبات ونجاح على كوكب الأرض وإذا كان الأمر كذلك فكيف؟ وقد قام بالعديد من الاختراعات أكثرها أهمية هو القباب الجيوديسى (Geodesic Domes) التى تشبه الفللورينات ولذا سميت الفللورينات على اسمه.

روبرت فولك (Robert **Folk**):

عالم رسوبيات أمريكى لقب باسم أبو النانوبكتيريا كان أول من اكتشفها فى عينات من صخور الترافيرتاين جمعها من نبع حار فى إيطاليا.

أولافى كاجاندر (Olavi **Kajander**):

فنلندى يعمل فى جامعة كوبيو متخصص فى الكيمياء الحيوية الطبية رشح لجائزة نوبل فى العلوم البيولوجية مع زميلته التركية الأصل نيفا سيفتسيوغلو عن دراساتهم التى أثارت جدلا واسعا عن النانوبكتيريا.

هيثر كلارك (Heather **Clark**):

أمريكية قادت فريقًا بحثيًا من علماء معامل درابر فى ولاية ماساتشوسيتش لاختراع نوع من الحبر النانوى يستخدم فى عمل وشم على الجلد يمكن من خلاله مراقبة معدل السكر فى الدم.

السير هارولد **كروتو** (Harold **Kroto**):

عالم كيمياء إنجليزى حصل مع اثنين من زملائه هما كيرل (Curl) وسموللى (Smally) على جائزة نوبل فى الكيمياء عام ١٩٩٦ عن اكتشافهم للفللورينات عن طريق تبخير الجرافيت بتعريضة لليزر.

فيليب لى دوك (Phicip LeDuce):

أستاذ مساعد فى جامعة كارنيجى ميلون بولاية بنسلفانيا الأمريكية من أوائل المهتمين بالخلايا الصناعية يرى إمكانية استخدام هذه الخلايا فى علاج الأمراض دون استخدام الأدوية الخارجية.

رام ساسيسيخاران (Ram Sasisekharan):

أمريكى أستاذ الهندسة البيولوجية فى معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا قاد علماء المعهد لإنتاج وتطوير الخلايا النانوية.

يوشيهيسا سوزوكى (Yoshihisa Suzuki) :

يابانى قام بتصميم جزىء دوائى جديد ينطلق منه المضاد الحيوى عند تعرض الجسم للعدوى فقط وهو مايعرف بالدواء الذكى.

جيف تزاهوى وانج (Jeff Tza-Huei Wang) :

قاد فريق بحثى من جامعة جون هوبكنز (Johns Hopkins) بولاية مريلاند الأمريكية لتطويرحساس من الكوانتم دوت للكشف عن ترتيب معين من الدنا يحتوى على طفرة متصلة بسرطان المبيض بجعله متوهجا مما يسهل من عملية الكشف تحت المجهر.

غيم وى هو (Ghim Wei Ho)

أستاذ مساعد الهندسة الكهربائية المساعد بالجامعة الوطنية فى سنغافورة، كانت إحدى طالبات الدراسات العليا فى معامل مركز الأحجام النانوية بجامعة كمبريدج فى إنجلترا عندما تمكنت من الحصول على الأزهار النانوية تحت إشراف أستاذها مارك ويلاند (Mark Welland).

فيليبا يووينس (Philippa Uwins):

عالمة جيولوجيا أسترالية اكتشفت مع فريقها البحثى النانوبات التى يسميها البعض نانوبكتيريا.

أشهر شركات النانوبيولوجى

بيلكنجتون (Pilkington):

أكبر شركة لتصنيع الزجاج فى المملكة المتحدة كانت أولى الشركات العالمية فى التوصل إلى الزجاج ذاتى التنظيف الذى بدأ تسويقه تجاريا بإضافة طبقة رقيقة للغاية من حبيبات ثانى أكسيد التيتانيوم النانوية إلى سطح الزجاج مما يكسبها تلك الخاصية.

تكنولوجيا الخلايا الصناعية الأمريكية (Artificial Cell Technologies, Inc., ACT).

شركة مقرها ولاية كونيكتيكت تقوم بالتسويق التجارى لتطبيقات تكنولوجيا الأغشية النانوية العديدة الطبقات.

كوناركا (Konarka):

إحدى شركات التكنولوجيا تقوم بتحسين الخلايا الشمسية باستخدام تقنيات التكنولوجيا النانوية وأمكنهم إنتاج خلية شمسية تسمى البلاستيك الكهربائى (Power Plastic) يمكنها امتصاص ضوء الشمس المباشر والضوء العادى وتحويله إلى كهرباء.

كيك (Keck):

مؤسسة خيرية أمريكية تدعم البحوث فى المجالات العلمية والهندسية والطبية.

نانوباك (Nanobac):

شركة تم تأسيسها فى فنلندا عام ٢٠٠٠ بواسطة كاجاندر وسيفتسيوغلو لتساعدهم على اكتشاف ودراسة النانوبكتيريا، اندمجت بعد ذلك مع شركة عامة للنانوبكتيريا فى ولاية فلوريدا الأمريكية وتغير الاسم إلى شركة نانوباك للصيدلانيات (Nanobac Pharmaceuticals, Inc) كان هدفها تسويق مجموعات (kits) للتشخيص الطبى لتعريف النانوبكتيريا للباحثين الطبيين بالإضافة إلى تطوير الوصفات الطبية لعلاج الأمراض المرتبطة بالتكلس.

يونيتيكا (Unitika):

شركة يابانية للمنسوجات قامت بإنتاج منسوجات ذكية لديها المقدرة على طرد الماء والزيوت.

الهوامش

طريقة الأجسام المضادة الفلوريسينتية هى:-

١ - اختبار معملى يستعمل الأجسام المضادة الموصولة بصبغة فلوريسينتية للكشف عن الكائنات الدقيقة الممرضة بارتباطها بمولدات تلك الأجسام المضادة فى هذه الكائنات

٢ - طريقة الإنزيم المرتبط للجسم المضاد (ELISA) هى طريقة كيموحيوية للكشف عن وجود جسم مضاد أو انتيجين فى العينة المطلوب تحليلها حيث يتم إمرار جسم مضاد مرتبط بأحد الإنزيمات على سطح العينة وبالتالى يرتبط بالأنتيجين (الكائن المطلوب الكشف عنه) عند وجوده، ثم تضاف مادة التفاعل الخاصة بالإنزيم ويتم قياس الإشارة الضوئية الناتجة من التفاعل الإنزيمى التى تدل على كمية اللانتيجين فى العينة.

٣ - البيوتين هو أحد أفراد مجموعة فيتامين ب المركب يطلق عليه أيضا فيتامين هـ.

٤ - الأوبيرون عبارة عن تتابع من الجينات مسئول عن تخليق الإنزيمات المتضمنة فى الخطوات المختلفة لأحد المسارات الأيضية.

٥ - تسمح تقنية مصفوفة الدنا بالتعرف على العديد من الجينات فى ذات الوقت حيث يتم وضع كميات ضئيلة من جزيئات الدنا الممثلة للعديد من الجينات من خلال روبوت (يعرف حاليا ترتيب القواعد النيتروجينية لأكثر من ٤٠٠٠٠ جين) على شريحة ميكروسكوبية حيث يمكن وضع آلاف منها فى مساحة بوصة مربعة واحدة من الشريحة.

من المعروف أن الجينات النشطة تؤدى إلى نسخ جزيئات الحمض النووى الريبوزى (الرنا) لرسول (m-RNA) التى تمثل القالب الذى يخلق عليه البروتين ومن الطبيعى أن كل من هذه

الجزيئات تتكامل مع جزىء الدنا الذى نسخت منه وبالتالى يمكنها الارتباط به أو التهجين معه.

لتحديد الجينات التى حدث بها تغير يتم استخلاص جزيئات الرنا الرسول من الخلية ثم استخدام إنزيم النسخ العكسى (Reverse Transcritase) لتخليق قطعة الدنا المكملة مفردة الشريط (2 DNA) مع تعليم القواعد النيتروجينية بها بربطها إلى صبغة فلوريسينتية تسمح برؤيتها تحت المجهر. يلى ذلك إضافة جزيئات الدنا المعلمة إلى شريحة مصفوفة الدنا حيث يتم التهجين بينها وبين قطع الدنا المفردة المكملة لها (المجسات) الموجودة على المصفوفة والتى لكل منها ترتيب خاص مميز لأحد الأمراض، ثم يتم التخلص من الترتيبات غير المرتبطة بالغسل الجيد وأخيرا يتم الفحص للكشف عن وجود التتابع المطلوب من عدمه.

فى الفحص الميكروسكوبى يتم تحديد المنطقة المشعة ومن ثم قياس كمية هذا الإشعاع الفلوريسينتى (بعد التعرض لشعاع ليزر ذى طول موجى معين) حيث تكون النتيجة مايلى:

(أ) إنتاج ضوء فلوريسينتى قوى دليل على النشاط القوى للجينات مما يمكنها من إنتاج الكثير من جزيئات الرنا الرسول تتكامل مع عدد مماثل من الدنا المكملة لها.

(ب) إنتاج ضوء فلوريسينتى خافت دليل على نشاط أقل للجين الذى ينتج عددًا أقل من جزيئات الرنا الرسول.

(ج) عدم وجود ضوء فلوريسينتى نهائيا أى عدم وجود جزيئات الرنا الرسول وهذا دليل على عدم نشاط الجين أو غيابه.

- **حمض الفوليك هو:**

٦ - أحد أفراد مجموعة فيتامين ب المركب.

- **الرئيسيات هى:**

٧ - مجموعة الحيوانات الثديية التى ينتمى إليها الإنسان كالقرود.

- **كار نيجى ميلون هى:**

٨ - جامعة خاصة للبحوث فى بتسبيرج بولاية بنسلفانيا الأمريكية لها فرع فى دولة قطر من عام ٢٠٠٤.

- **كيك هى مؤسسة:**

٩ - مؤسسة خيرية تدعم البحوث فى المجالات العلمية والهندسية والطبية.

١٠ ـ الهيدروجل هو شبكة من سلاسل أحد البوليمرات الطبيعية أو التخليقية غير قابلة للذوبان فى الماء يستطيع امتصاص كمية كبيرة من الماء تصل إلى ٩٩٪ من وزنه مما يجعله ذا مرونة مماثلة لمرونة الأنسجة الطبيعية.

١١ ـ الميكوبلازما هى نوع من البكتيريا لا تمتلك جدارا خلويا وتعد أصغر البكتيريا المعروفة حجما ويقدر قطرها بـ ٥٠ـ٢٠٠ نانومتر.

١٢ ـ الأكتينوميسيتات هى البكتيريا الخيطية التى تنتج معظم المضادات الحيوية المعروفة.

١٣ ـ الدولومايت هو صخر رسوبى يتكون من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم ورمزه الكيميائى هو $CaMg(CO_3)$:

١٤ ـ معامل يونج هو مقياس لتقدير درجة صلابة المواد.

١٥ ـ الكيتوزان سكر عديد ذى سلسلة مستقيمة يتكون من وحدات موزعة عشوائيا من وحدات الجلوكوزامين وأسيتيل الجلوكوزامين المرتبطة بالرابطة بيتا ١,٤ -الجلوكوسيدية. يتم إنتاج الكيتوزان تجاريا من خلال عملية نزع مجموعة الأسيتيل (Deacetylation) من الكيتين المكون للهيكل الخارجى للقشريات مثل الجمبرى والكابوريا، وتتراوح درجة نزع مجموعة الأسيتيل فى التحضيرات التجارية بين٦٠ ـ ١٠٠٪ وبالتالى تنتج صورا مختلفة من الكيتوزان.

١٦- من المسلم به أنه أثناء عمليات الأكسدة لإنتاج الطاقة فإن أجسامنا تنتج مركبات سامة تسمى الشوارد لها تأثيرات مدمرة للخلايا إلا أنه يتم تنظيفها طبيعيا من خلال مضادات الأكسدة مثل فيتامين C وفيتامين E والأغذية الغنية بهما وبمرور سنوات العمر تقل كفاءة عملية التنظيف هذه وتحدث أمراض نتيجة التلف التأكسدى مثل أمراض السرطان والزهايمر بل إن بعض الباحثين يرجع حدوث الشيخوخة إلى حدوث هذا التلف التأكسدى فى الخلايا.

المراجع

1 - Abbott, A.; Juntaro, J. and Bismarck, A. (2007) All-Cellulose Hierarchical Composites. In the "Bioproducts and Biomaterials Seesion of Forest Products Division Symposium", AIChE Annual Meeting in Salt Lake City, Utah, USA 04- 09, Nov, 2007.

2 - Agamanolis.D.P. (2009) Neuropathology, chapter 9 Degenerative diseases. www. neuropathology.neoucom.edu.

3 - Aldous, S. (2005) "How Solar Cells Work." How Stuff Works Inc. http:// science.howstuffworks.com."

4 - Ankerfors, M. and Lindstrom, T. (2007) On the manufacture and use of nanocellulose. 9 th International Conference on Wood & Biofiber Composities.

5 - Artificial Cell Technologies, Inc. (2009) Artificial Cell Technologies.www.artificialcelltech.com.

6 - Astrobiology News Staff Writer (2001) One-Handed Life. http://astrobiology.nasa.gov.

7 - Bäckdahl, H. (2008) Engineering the shape of bacterial cellulose and its use as blood vessel replacement. Ph.D. thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweeden.

8 -Berger, M. (2006) Military nanotechnology - how worried should we be? Nanowerk LLC, http://www.nanowerk.com.

9- Biosensors ppt (2006) Bacteria as biosensors http://www.saps.plantsci.cam.ac.uk

10 - Bonsor, K. (2009) How electronic ink works? Howstuffwork Inc. www.howstuffworks.com.

11 - Bruckner, M. (2010) Nanobacteria and nanobes-Are they alive? Microbial life, Educational Resources, http:// ser.carleton.edu.

12- Cheng, Y-T. and Rodak, D. (2005) Is the lotus lead syuperhydrophilic? *Appl. Phys.Lett.*, **86** (14), 144101.

13- Cheng, Y-T.; Rodak, D.E.; Wong, C.A. and Hayden, C.A. (2006) Effects of micro-and nano-structures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves. Nanotechology, **17** (5), 1359-1362.

14 - Cisar, J.O.; Xu, D.-Q. ; Thompson, J.; Swaim, W.; Hu, L. and Kopecko, D.J. (2000) An alternative interpretation of nanobacteria-induced biomineralization. Proc. Nat. Acad. Sci., 97 (11), 511-515.

15 - Cotton Incorporated (2009) Cotton morphology and chemistry. www.cottoninc.com"

16 - Dan (EnviroGadget writer) (2009) Konarka roll-up solar charger. www.envirogadget.com.

17 - Daoud, W. Leung, S.; Tung, W. Xin, J.H. Cheuk, K. and Qi, K. (2008) Self-cleaning Keratins. Chemistry of Materials, 20, 1242-1244.

18 - Diabetes Health (2009) Color-Changing Tattoos Could Be the Next BG Level Detector. http://www.diabeteshealth.com.

19- El-Sayed, I.H.; Huang, H. and EL-Sayed, M.A. (2005) Surface plasmon resonance scattering and absorption of anti-EGFR antibody conjugated gold nanoparticles in cancer diagnosis: Applications in oral cancer. Nano Lett., **5** (5), 829-834.

20 - Folk, R.L. (1993) SEM imaging of bacteria and nannobacteria in carbonate sediments and rocks. J. Sediment. Petrol., 63,990–999.

21- Fu, J.; Park, B.; Siragusa, G.; Jones, L.; Tripp, R. Zhao, Y, and Cho, Y. (2008) AN Au/Si hetero-nanorod-based biosensor for Salmonella detection. Nanotechnology, **19** (15).

22 -Freitas, R. (1998) Exploratory design in medical nanotechnology: A mechanical artificial red cell. Artificial Cells Blood Substitutes and Immobilization. Biotechnol., 26, 411 - 430.

23 - Freitas, R. (2000) Clottocytes: Artificial Mechanical Platelets. Research Scientist. Kurzweilai.net, www.kurzweilai.net.

24 - Freitas. R. (2005) Microbivores: Artificial Mechanical Phagocytes using Digest and Discharge Protocol. Evol. Technol., 14, 1-52.

25 - Freitas, R. (2006) Pharmacytes: An ideal vehicle for targeted drug delivery. J. Nanosci. Nanotechnol., 6, 2769-2775.

26 - Fuller, T.A., O'Donnell, F.E. and Santos, C. (2003) Thermally labile liposomes for treatment of blinding retinal diseases. Drug Deliv. Technol., 3(4),17.

27 - Gardner, D. G., Oporto, G. S., Millas, R. and Samir, A. S. (2008) Adhesion and Surface Issues in - Cellulose and Nanocellulose. J. Adhesion Sci. Technol., 22 545–567.

28 - Georganopoulou, D. Chang, L.; Nam, J. ; Thaxston, C. ; Mufson, E.; Klein, W and Mirkin, C. (2005) Nanoparticle-based detection in cerebral spinal fluid of a soluble pathogenic biomarker for Alzheimer's disease. Proceeding of the National Academy of Sciences (PNAS), 102 (7), 2273 -2276.

29 - Gordon, N. and Sagman,U. (2003) Nanomedicine taxonomy. Canadian Institute of Health Research & Canadian NanoBusiness Alliance.

30 - Harvey, R.P. (1997) Nannobacteria: what is the evidence? Natioral Science, Volume 1, Article 7, http://naturalscience. com.

31 - Kajander, E.O. and N. Ciftcioglu (1998) Nanobacteria: an alternative mechanism for pathogenic intra- and extracellular calcification and stone formation. Proc. Nat. Acad. Sci., 95, 8274-8279.

32 - Kajander E. O.; Ciftcioglu N.; Aho, K. and Garcia-Cuerpo, E. (2003)
Characteristics of nanobacteria and their possible role in stone formation. Urological Research, 31(2), 47-54.

33 - LivOnLabs (2007) Liposomes are at the heart of liposomal encapsulation technology. http://www. LivOnLabs.com.

34 - Majdinasab, M.; Aminlari, M.; Sheikhi, M. H.; Niakousari, M. and Shekarforoosh, S. (2008). Gold nanoparticle nanosensor for detection of *Salmonella spp.* in food. 18th National Congress on Food Technology, Mashhad, Iran.

35 - Martle, J. and Young, J.D. (2008) Purported nanobacteria in human blood as calcium carbonate nanoparticles. Proc. Nat. Acad. Sci. (PNAS), 105 (14), 5549-5554.

36 - McKay, D. S.; Gibson, E. K.; Thomas-Keprta, K.L. ; Vali, L. H.; Romanek, C. S.; Clemett, S. J.; Chillier, Z.D.F.; Maechling, C.R. and Zare, R. N. (1996) Search for past life on Mars: possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001. Science, 273, 924–926.

37 - MedGadget (2006) VivagGel™: International STD Defence. Int.J.Emerg.Med. Technol., http://medgadget.com.

38 - Meville, K. (2005) Nanobacteria, A problem for space travelers. http://www.scienceagogo.com.

39 - My Resveratrol Experience (2008) Nanosized reseveratrol-When micronized just isn't enough.www.myresvertrolexperience.com.

40 - Nanobaclabs (2001) Nanobacteria- The new thing in heart disease. http://www.nanobaclabs.com.

41- Nanocafe (2009) Nanotechnology in food and agriculture. www.nanocafes.org.

42- Nanotechnology now (2008) Current Nanotechnology Applications. http://www.nanotech-now.com

43- National Nanotechnology Initiative (2006) What is nanotechnology? http:// www. nano. gov.

44- National Cancer Institute (2006) Nanotechnology in cancer: Tools to relieve human suffering.,US National Institutes of Health,http://www.cancernano.gov

45- National Institute Of Health, NIH (2009) DNA microareray technology. National Human Research Institute, www.genome.gov.

46 - Nazem, A. and Manssoori, A. (2008) Nanotechnology solutions for Alzaheimer's disease: Advances in research tools, diagnostic methods and therapeutic agents. Journal of Alzheimer Disease, 13 (2), 199-223.

47- Newswise (2011) Invention Controls Weavers of Nanoscale Biomaterials. Newswise, Inc. www.newsise.com.

48- Oberdörster, E. (2004) Manufactured Nanomaterials (Fullerenes, C60) Induce Oxidative Stress in Brain of Juvenile Largemouth Bass. Environ Health Perspect, 112(10), 1058-1062.

49- Pharmainfo.net (2009) Dendrimers. www.pharmainfo.net.

50- Piquepailla, R. (2007) Would you like a bouquet of nanoflowers? Ronald Piquepailla Technology Trends. http : //www.primidi.com."

51- Project on emerging nanotechnology (2007) Nanotechnology offers hope for treating spinal cord injuries, diabetes and Parkinson's disease.
http:// www.physorg.com.

52- Sanders, B. (2002) Cheap, Plastic Solar Cells May Be On The Horizon. UC Berkeley Campus News. www.berkeley.edu.

53- Science Daily (2008) Nanotechnology Lends A Hand With 'Self-cleaning' Wool And Silk Fabrics. Science Daily LLc, http://www.sciencedaily.com.

54- Singh, S.; Singh, M. and Gambhir, I.S. (2008) Nanotechnology for Alzheimer's disease detection. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 3 (2), 75 – 79.

55- Shelley, T. (2008) A breakthrough in the commercial production of bacterial cellulose nanofibers from engineering materials from fruit waste. www.eurekamagazine.co.uk.

56- Strickland, J. (2009) How nanorobots will work. How Stuff Works, Inc., www.howstuffworks.com.

57- Surma-Slusarska, B.; Presler,S. and Danielewicz, D. (2008) Characteristics of bacterial cellulose obtained from *Acetobacter xylinum* culture for application in papermaking. Fibers & Textiles in Eastern Eurpoe, 16(4), 108-111.

58- Trader, M. (2005) Military uses of Nanotechnology. http://www.crnano.org.

59- Travis, J. (1998) The bacteria in a stone- Extra-tyiny microorganisms may led to kidney stones and other diseases. Science News Onloine, www.sciencenews.org.

60- Uwins, P.; Webb, R. and Taylor, A. (1998) Novel nanoorganisms from Australian sandstone. American Mineralogist., 83(11-12, part 2), 1541-1550.

61- Welsh (2006) self cleaning glass. http://www.welshwindos.com.uk

62- Wikipedia, the free encyclopedia (2008-2011). http://en.wikipedia.org.

63- Winter, G. D. (1962) Formation of scab and rate of epithelialization of superfacial wounds in the skin of the young domestic pig. Nature, 193, 293.

64 - Winter, J. (2007) Gold nanoparcticle biosensors. "http://www.nescc.ohio-state.edu" http://www.nescc.ohio-state.edu.

65- Wu, X.; Liu, HG.;Liu, J. et al. (2003) Immunofluorescent labeling of cancer marker Her2 and other cellualr targets with semiconductor quantum dots. Nature Biotechnology, 21 (1) 41- 46.

66- Zhang, C.; Yeh, H.; Kuroki, M.T. and wang, T. (2005) single-quantum-dot-based DNA nanosensor Mechanical Engineering Departmment and Whitaker Biomedical Enggineering Insrututem The Jons Hopkins Univegrsity, Baltimore, Maryland 21218, USA. *Natuhre Materials*, 4, 826-831.

67- Zhang, H,; Cao, G.; Wang, Z.; Yang, Y.; Shi, Z. and Gu, Z. (2008) Growth of manganese Oxide Nanoflowers on Vertically-Aligned Carbon Nanotube Arrays fo High-Rate Electrochemical Capacitive Energy Storage. *Nano Letters*, 8 (9), 2664-2668.

مراجع عربية

أ ـ منظمة الصحة العالمية (٢٠٠٨) التكنولوجيا النانوية. الشبكة الدولية للسلطات المعنية بالسلامة الغذائية (إنفوسان)، مذكرة إنفوسان الإعلامية رقم ٢٠٠٨/١ .

ب ـ ليندا ويليامز و واد آدمز (٢٠٠٨) تكنولوجيا النانو . ترجمة مروة حسن عبد السلام. الناشر دار الفاروق للاستثمارات الثقافية ـ القاهرة.

جـ ـ صفات سلامة (٢٠٠٩) النانوتكنولوجى- عالم صغير ومستقبل كبير. الناشر الدار العربية للعلوم-بيروت بالتعاون مع مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم.

د - محمد شريف الإسكندرانى (٢٠١٠) تكنولوجيا النانو - من أجل غد أفضل. الناشر عالم المعرفة - الكويت.

المؤلف

- الدكتور محمد غريب إبراهيم عميش.
- أستاذ الميكروبيولوجى بكلية التربية جامعة عين شمس.
- مصرى الجنسية من مواليد محافظة الدقهلية عام , ١٩٥٠
- حصل على الشهادات الإبتدائية والإعدادية والثانوية من محافظة الشرقية.
- تخرج فى كلية التربية عام ١٩٧٢ ثم كلية العلوم جامعة عين شمس عام ١٩٧٥ بتقدير ممتاز مع مرتبة الشرف وكان أول دفعته.
- تدرج فى الوظائف الجامعية من معيد حتى أستاذ عام ١٩٩٣ فى جامعة عين شمس.
- عمل فى وظيفة مدرس بكلية المعلمين بمسقط لمدة خمس سنوات من ١٩٨٦ إلى ١٩٩١ .
- عضو الجمعية النباتية المصرية.
- أشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه.
- له من البحوث المنشورة ما يربو على الخمسين بحثا نصفها تقريبا فى دوريات عالمية تقع معظمها فى مجال التكنووجيا الحيوية الميكروبية.

- تم اختياره كعضو فى الجمعية الأمريكية للتقدم العلمى (American Association For the Advancement of Science) أعوام ١٩٩٤، ١٩٩٥ و ٢٠٠١ .

- تم إدراج سيرته الذاتية فى موسوعة ماركوس بنيوجيرسى ـ الولايات المتحدة الأمريكية "Who's who in the world" فى الطبعات ١٦ عام ١٩٩٩ و ١٧ عام ٢٠٠٠ و ١٨ عام ٢٠٠١ و ١٩ عام ٢٠٠٢ كما سيتم إدراجها مجددا فى الطبعة ٢٩ عام ٢٠١٢ .

- تم اختياره رجل العام (International Man of the Year) عامى ١٩٩٩/٢٠٠٠ و٢٠٠٠/٢٠٠١ بواسطة المركز الدولى للسير الذاتية فى كمبريدج ـ إنجلترا.

الفهرس

تقديم ــــــــــــــــ ٥

الباب الأول : التكنولوجيا النانوية (النانو تكنولوجى) ــــــــ ١١

الفصل الأول : ما التكنولوجيا النانوية ــــــــ ١٣

الفصل الثانى : تاريخ التكنولوجيا النانوية ــــــــ ١٧

الفصل الثالث : المواد النانوية ــــــــ ٢٢

الفصل الرابع : الأدوات النانوية ــــــــ ٣٣

الباب الثانى : البيولوجيا النانوية (النانو بيولوجى) ــــــــ ٣٥

الفصل الخامس : التركيبات والأجهزة البيولوجية النانوية ــــــــ ٣٩

الفصل السادس : المحاكات الحيوية ــــــــ ٥٤

الفصل السابع : الطب النانوى ــــــــ ٦٩

الفصل الثامن : النانوبكتيريا ــــــــ ١١٠

الفصل التاسع : المنتجات البيولوجية النانوية ــــــــ ١٢٥

الباب الثالث : الوجه الآخر للنانو تكنولوجى ــــــــ ١٤٩

الفصل العاشر : مضار ومخاطر للنانوتكنولوجى ــــــــ ١٥١

الباب الرابع : الوطن العربى والنانوتكنولوجى ———— ١٦٥
الفصل الحادى عشر : نحن والنانوتكنولوجى ———— ١٦٧
خاتمة ———— ١٧٥
ملاحق مهمة ———— ١٨٣
المراجع ———— ٢١٩